



UNIVERSIDAD DE MATANZAS
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS



**EVALUACIÓN DE LA FERTILIZACIÓN EDÁFICA EN
NARANJO 'VALENCIA': INFLUENCIA EN LA
PRODUCCIÓN Y LA CALIDAD DE LOS FRUTOS EN
PLANTACIONES CON SÍNTOMAS DE HLB**

**Tesis presentada en opción al
Título de Especialista en Fruticultura Tropical**

Autor: Ing. Rafael Calaña Mirabal

Tutor: MSc. Alina Puente Sánchez

Jagüey Grande

2018

DEDICATORIA

A mi familia, particularmente a mis hijos para que sigan el ejemplo de su padre

AGRADECIMIENTOS

De forma especial a toda mi familia que siempre me ha estimulado en mis ansias de superación.

A todos los profesores particularmente al Dr. C. Ramón Liriano González por su dedicación.

A mi tutor MSc. Alina Puente Sánchez por su valiosa contribución en la conducción del experimento y elaboración del documento.

Al Dr. C. Miguel Aranguren González por sus oportunas recomendaciones.

A los investigadores, especialistas y técnicos de la Estación Experimental.

A todos mis compañeros de trabajo que me alentaron y dieron fuerzas para salir adelante.

A todos muchas gracias

RESUMEN

El rápido avance de plagas y enfermedades de alto impacto económico por el continente americano, hacen pensar que la citricultura de los próximos años estará sobre plantaciones con períodos de vida útil cortos. Por tanto, es necesario conocer mejor la respuesta de las plantas a la fertilización diferenciada en plantaciones con síntomas de deficiencias nutricionales asociados al HLB para mejorar la producción y la calidad de los frutos. En una plantación de naranjo 'Valencia' [*Citrus sinensis* (L.) Osb.], se aplicaron seis tratamientos de fertilización edáfica. En cada tratamiento se determinó el estado nutricional foliar, la producción y calidad de los frutos. Las aplicaciones edáficas de N P K con dosis de 368g de N, 184g de P₂O₄ y 368g de K₂O incrementaron los niveles foliares de estos elementos en proporción con las dosis aplicadas y se mejoró el estado nutricional general de las plantas con síntomas asociados al HLB. La mayor producción y rendimiento se obtuvo en el tratamiento cuatro. Los frutos de mayor masa se alcanzaron en los tratamientos cuatro y cinco. Asimismo en el cuatro se obtuvo el mayor porcentaje de sólidos e índice de madures, mientras que el tratamientos seis, indujeron un retraso en la maduración. La fertilización edáfica en árboles de naranjo 'Valencia' resultó una alternativa para incrementar la producción y calidad de los frutos en plantaciones con síntomas de deficiencias nutricionales asociados al HLB.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	1
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	3
2.1. La nutrición en las plantas	3
2.2. Elementos esenciales	5
2.2.1. Importancia del nitrógeno	5
2.2.1.1. El nitrógeno en el cultivo de los cítricos	6
2.2.1.2. Efecto del nitrógeno en los rendimientos	8
2.2.1.3. Efecto del nitrógeno en la calidad de los frutos	8
2.2.2. Importancia del fósforo	9
2.2.2.1. El fósforo en el cultivo de los cítricos	9
2.2.2.2. Efecto del fósforo en el rendimiento	10
2.2.2.3. Efecto del fósforo en la calidad de los frutos	10
2.2.3. Importancia del potasio.....	11
2.2.3.1. El potasio en el cultivo de los cítricos	11
2.2.3.2. Efecto del potasio en el rendimiento	12
2.2.3.3. Efecto del potasio en la calidad de los frutos	13
2.2.4. Importancia del calcio	14
2.2.4.1. Efecto del calcio en el cultivo de los cítricos.....	14
2.2.5. Importancia del magnesio	15
2.2.5.1. Efecto del calcio en el cultivo de los cítricos.....	16
2.3. Métodos para conocer el estado nutricional y la necesidad de fertilizantes.....	17
2.3.1. Análisis foliar	17
2.3.2. Análisis de suelo	18
2.3.3. Sintomatología visual	20
2.3.4. Análisis de calidad de los frutos	20
3. MATERIALES Y MÉTODOS	22
3.1. Localización de los experimentos y material vegetal.....	22

3.2. Manejo agronómico general de las plantaciones	22
3.3. Diseño del experimento	22
3.4. Efecto de las aplicaciones edáficas de fertilizantes en el estado nutricional de las plantas	23
3.4.1. Interpretación de los análisis de suelo	23
3.4.2. Interpretación de los análisis foliares	24
3.5. Resultado de la fertilización en la producción y calidad	24
3.5.1. Influencia de la fertilización en indicadores de la producción	24
3.5.2. Efecto de la fertilización en la calidad de los frutos	24
3.6. Análisis y programa estadístico empleado	25
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	26
4.1. Efecto de las aplicaciones edáficas de fertilizantes en el estado nutricional de las plantas	26
4.1.1. Interpretación de los análisis de suelo	26
4.1.2. Interpretación de los análisis foliares	28
4.2. Resultado de las aplicaciones edáficas en la producción y calidad	33
4.2.1. Efecto de la fertilización en la producción de los frutos	33
4.2.2. Efecto de la fertilización en la calidad de los frutos	34
5. CONCLUSIONES	38
6. RECOMENDACIONES	39
7. BIBLIOGRAFÍA	40
8. ANEXOS	55

1. INTRODUCCIÓN.

En Cuba, como parte de la estrategia para su desarrollo, se trabaja en las diferentes regiones cítricas para establecer las bases científico-técnicas que permitan incrementar los rendimientos, reducir los costos, mejorar la calidad y llegar al mercado en los momentos de mejores oportunidades comerciales (Forteza *et al.*, 2017).

La Empresa Agroindustrial “Victoria de Girón”, ubicada en Jagüey Grande, provincia de Matanzas, se considera la más importante del país. Sus producciones de cítricos constituyen más del 60% de la producción nacional y ofrece fuente de empleo a más de 6 500 personas (Aranguren, 2009).

La disminución de los rendimientos y la calidad de los frutos cítricos, está relacionada a un gran número de factores bióticos y abióticos, que pueden ser de orden genético, medioambiental, cultural, fisiológico y fitosanitario (Forteza, 2010). Dentro de los factores culturales se considera que el suministro adecuado de fertilizantes a las plantaciones es una premisa fundamental para garantizar altos rendimientos y óptima calidad de la fruta (Dorado *et al.*, 2015).

La fertilización tiene como objetivo fundamental incrementar la fertilidad natural del suelo, para garantizar las necesidades nutricionales de los cultivos y evitar la pérdida de las reservas naturales del mismo (Quiñones *et al.*, 2004).

En plantas infectadas por el Huanglongbing de los cítricos (HLB) se aprecia un pobre desarrollo radicular por la posible interrupción del transporte de minerales entre las raíces y las hojas, que produce el patógeno; en este sentido, las aplicaciones de fertilizantes pueden corregir cualquier deficiencia de nutrientes y hacer que los síntomas de la enfermedad sean más evidentes (Pustika *et al.*, 2008; Razi *et al.*, 2011).

El rápido avance de plagas y enfermedades de alto impacto económico por el continente americano, hacen pensar que la citricultura de los próximos años estará sobre plantaciones con períodos de vida útil cortos (Machado *et al.*, 2013). Por tanto, es necesario conocer mejor la respuesta de las plantas a la fertilización

diferenciada en plantaciones con síntomas de deficiencias nutricionales asociados al HLB para mejorar la producción y la calidad de los frutos.

Tales premisas conducen a plantear el siguiente problema científico: ¿Cómo disminuir los efectos de las deficiencias nutricionales en la producción y calidad de los frutos en plantaciones de naranjo 'Valencia' afectadas por HLB?

A partir de este problema se formuló la hipótesis: La evaluación de la fertilización edáfica en árboles de naranjo 'Valencia' en proporciones adecuadas a las recomendadas, permitirá una mejor nutrición de las plantas, producción y calidad de los frutos en plantaciones con síntomas de deficiencias nutricionales asociados al HLB.

Objetivo general: Evaluar el manejo de la fertilización edáfica que permita mejorar la producción y la calidad de los frutos en plantaciones con síntomas de deficiencias nutricionales asociados al HLB.

Objetivos específicos:

- Analizar el efecto de la fertilización edáfica en el estado nutricional de las plantas.
- Evaluar el efecto de la fertilización en la producción de plantaciones con síntomas de deficiencias nutricionales.
- Determinar la influencia de la fertilización en la calidad de los frutos.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.

2.1. Nutrición de las plantas.

La nutrición forma parte del metabolismo producto de la relación entre la planta y el medio que la rodea; el paso de las sustancias a la composición de los tejidos del vegetal, formándose compuestos orgánicos complejos, debidamente sintetizados por la planta (Yagodin *et al.*, 1982). Se define además, como un conjunto de relaciones entre las plantas y determinados componentes químicos y se clasifica en: hídrica, carbonada y mineral (IIFT, 1999). Según Medina (2006) es la consecuencia de la interacción entre las plantas, el suelo, el clima y el manejo agrícola.

Los elementos minerales indispensables presentes en las plantas reciben el nombre de esenciales y se dividen en macronutrientes y micronutrientes. Existe un grupo que se utilizan en menor cuantía, no se aportan mediante la fertilización y su fuente es ilimitada. Estos son el carbono (C), el hidrógeno (H) y el dioxígeno (O₂), que se obtienen del aire y del agua. Los llamados macronutrientes son el nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg) y el azufre (S). Son considerados como micronutrientes el hierro (Fe), manganeso (Mn), cinc (Zn), boro (B), molibdeno (Mo), cobre (Co) y cloro (Cl). Esta clasificación es abierta y no excluye la incorporación de otros elementos minerales, siempre que se demuestre su esencialidad (IIFT, 1999).

Tradicionalmente se utilizan distintas prácticas para mantener dentro de niveles óptimos para el cultivo los compuestos en el suelo. Estas técnicas incluidas bajo el calificativo de fertilización, se pueden realizar mediante la distribución de los productos, directamente en el suelo o bien disueltos en agua (fertirrigación) (Agustí, 2000).

Según Quiñones *et al.* (2007) el abonado tiene como objetivo incrementar la fertilidad natural del suelo, lo que trae consigo un aumento en el rendimiento y mejora en la calidad de los frutos. La productividad es el resultado de la interacción de varios factores muy relacionados con el ambiente donde se

desarrollan los cultivos, además de las prácticas culturales que se les realizan a los mismos. Para que la fertilización sea positiva no debe existir otro factor que restrinja la productividad por debajo de los requerimientos nutrimentales, ya que en este caso, el rendimiento será nulo o muy escaso (Ley del Mínimo de Liebig en 1840).

En los procesos de crecimiento, desarrollo y reproducción de las plantas se demandan grandes cantidades de nutrientes del suelo, lo que a su vez puede provocar una disminución de la fertilidad de los mismos. Por lo tanto la fertilización es una alternativa para devolver al medio de cultivo las extracciones que realizan las plantas cada año (Quiñones *et al.*, 2007).

Dasberg (1988) y García y Sánchez (2006) plantean que el uso del suelo con cultivos altamente extractivos, como los cítricos, conduce al empobrecimiento de los mismos, lo cual se refleja en el estado nutricional de la planta. Un abastecimiento adecuado de nutrientes a las plantaciones es premisa fundamental para garantizar altos rendimientos y una calidad de la fruta que le permita su competitividad en el mercado.

La fertilización de microelementos en la citricultura es necesaria, no solamente por ser pequeñas las cantidades necesarias, sino también para evitar la absorción de otros elementos que reducen la disponibilidad de microelementos en las plantas (Camargo, 1991 y Melgar, 2005)

Los microelementos como el manganeso, el cinc y el boro tienen baja movilidad en el floema (Labanauskas *et al.*, 1964; Embleton *et al.*, 1965 y Boaretto *et al.*, 2002, 2004) lo que nos indica que deben realizarse aplicaciones foliares de estos elementos en los principales flujos de crecimientos vegetativos, cuando las hojas son jóvenes y tienen la cutícula poco desarrollada lo que facilita la absorción de los nutrientes (Quaggio *et al.*, 2005).

Las aplicaciones foliares pueden suplir rápidamente las carencia de microelementos minerales, las que pueden estar limitadas en la eficiencia de la aplicación por: bajas tasas de penetración principalmente en hojas de cutículas

gruesas como los cítricos; escurrimientos en las superficies hidrófobas; lavado por las lluvias y redistribución limitada de nutrientes con baja movilidad en el floema (Marschner, 1995).

La absorción foliar es más eficiente para el suministro para elementos como el de cinc, manganeso y boro, en las hojas que reciben pulverización de estos elementos cuando son hojas de brotes nuevos, los resultados indican que menos del diez por ciento de estos nutrientes depositados en la superficie de las hojas son absorbidos y menos del uno son transportados a otras partes de las ramas (Boaretto *et al.*, 2003).

Leonard (1969) comparó en suelos arenosos con poca materia orgánica la eficiencia de las aplicaciones de manganeso al suelo y por vía foliar concluyó que las aplicaciones foliares en dosis muy inferiores a las aplicadas al suelo corregían los síntomas de deficiencias y mantuvieron los tenores foliares en niveles adecuados.

2.2. Elementos esenciales.

2.2.1. Importancia del nitrógeno.

El nitrógeno tiene gran importancia de manera general para todos los cultivos y en particular para los cítricos. El mismo se encuentra vinculado al fenómeno más característico de la vida vegetal; el paso de la materia mineral a la materia viviente (fotosíntesis y síntesis de proteínas) (Demolon, 1967; Fava y Fonseca, 2005).

La función más importante del nitrógeno en las plantas es su participación en la estructura de la molécula de proteína. Se encuentra además formando parte importante en enzimas y coenzimas como son las purinas, pirimidinas, porfirinas. Por lo antes expuesto se afirma que el nitrógeno es el elemento de mayor influencia en el crecimiento y producción de las plantas, siendo de hecho su motor vital (Devlin, 1979; Montaña *et al.*, 2000 y Del Amor, 2001).

2.2.1.1. El nitrógeno en el cultivo de los cítricos.

Este macronutriente representa el elemento de mayor importancia para los cítricos por su influencia directa en el crecimiento, rendimiento, producción y calidad de los frutos. Su aplicación de manera regular es una parte importante de cualquier programa de fertilización de los cítricos (Dorado *et al.*, 2015).

Debido a la rápida transformación de este nutriente en el suelo la forma en que se encuentra disponible es la nítrica, independientemente de la fuente que se aplique. La forma mixta nítrica amoniacal es la que causa mayor desarrollo global (Chen *et al.*, 1998; Maragoni, 2000 y García y García, 2002). Houdosse *et al.* (2001) detectaron que la nutrición exclusivamente nítrica puede afectar negativamente el traslado de los nutrientes desde la raíz hasta la parte aérea de la planta.

Rodríguez (1996) plantea que en las plantas anuales se puede encontrar en los frutos y las hojas, entre 25 y 50% del nitrógeno total, sin embargo en árboles perennes entre 60 y 90%. Según Moreno y García (1975) y Quiñones *et al.* (2003) las hojas constituyen el principal órgano de reserva; mientras que Primo-Millo y Legaz (1983) consideran la raíz. Otros trabajos con N¹⁵ señalan las partes perennes (esqueleto) como la principal reserva de nitrógeno (Enedi *et al.*, 1999).

Wallace *et al.* (1954), citados por Dasberg (1987) realizaron los primeros estudios sobre el movimiento del nitrógeno dentro del árbol, en este sentido, encontraron que antes de caer las hojas viejas, retornaban a otras partes del árbol más del 50 % del nitrógeno que poseían. Cuñat y Salas (1983) demostraron que más del 60% del nitrógeno absorbido en un año se incorpora de nuevo al suelo cuando se desprenden del árbol hojas, flores y frutillos.

Legaz *et al.* (1982) encontraron que sólo el 15% del nitrógeno absorbido por las hojas jóvenes provienen del fertilizante aplicado en el año y el resto de los órganos de reserva del propio árbol.

Innumerables investigadores demostraron que los árboles escasos de nitrógeno son achaparrados, estos adquieren una configuración estrecha por el agrupamiento de sus ramas hacia un eje central imaginario (Chapman, 1968; IIFT,

1999; De Mattos *et al.*, 2005). No obstante, otros investigadores no detectaron respuesta temprana y evidente al aplicar diferentes dosis de nitrógeno con respecto a la circunferencia del tronco, área de la copa y altura de la planta (Smith, 1969 y Hernández, 1980).

Según Grass (1986) los índices morfológicos de las plantas, así como las características internas y externas del fruto no fueron sensiblemente afectados por las diferentes dosis de nitrógeno, no obstante, la aplicación sistemática de este elemento fue una condición indispensable para la obtención de rendimientos altos y estables y para mantener una óptima condición del árbol.

En Cuba Hernández *et al.* (1983) observaron un incremento del crecimiento vegetativo, asociado a dosis elevadas, aunque estas no influían en el rendimiento. Por otra parte, Rodríguez (1983) al analizar el follaje de árboles de limón (*Citrus limon*) cv 'Eureka' tratados con dosis crecientes de nitrógeno, encontró un número mayor de hojas en las ramas. De igual forma, Arthur y Eduard (1983) luego de una larga encuesta sobre la aplicación de nitrato de sodio, informaron que este producto acelera la producción de hojas en cítricos.

En los frutos se exporta parte del fertilizante nitrogenado aplicado. En la Florida Smith y Reuther (1953) determinaron en naranjos, un índice de consumo de 1,26 y 1,84 kg de nitrógeno por tonelada de fruta fresca. En Cuba Roche *et al.* (1979) y Del Castillo (1988) encontraron valores de 1,63 y 1,59 kg de nitrógeno por tonelada de fruta respectivamente. La utilización de este índice, permite calcular la dosis necesaria a aplicar para producir una tonelada de fruta fresca. En este sentido Vexkull (1968) estimó que los árboles en producción necesitaban una y media vez la cantidad de nutrientes que contienen los frutos.

Para que marchen satisfactoriamente los procesos metabólicos en los que está involucrado el nitrógeno, es necesario un abastecimiento adecuado y sistemático que cubra las necesidades de este cultivo desde su más temprana edad. Por eso en las más disímiles regiones cítricas del mundo los investigadores han demostrado que las aplicaciones de fertilizantes nitrogenados son una vía

fundamental para favorecer el crecimiento vegetal, la producción y la calidad de los frutos. Chapman (1968) señaló que el nitrógeno juega un papel dominante en la nutrición de los cítricos siendo requerido generalmente en mayor cantidad que cualquier otro fertilizante.

2.2.1.2. Efecto del nitrógeno en los rendimientos.

Las aplicaciones de fertilizantes nitrogenados son indispensables para incrementar la producción, siempre que se mantenga un adecuado suministro del resto de los elementos esenciales y la ausencia de factores limitantes. En tal caso, las dosis progresivas de nitrógeno generalmente producen incrementos en la producción, acorde con la ley de los incrementos decrecientes de Mitscherlich (Willis y Davies, 1990; Scholberg *et al.*, 2000 y Aranguren *et al.*, 2004).

La aplicación de nitrógeno aumenta la tasa de fotosíntesis. Esto trae consigo la acumulación de carbohidratos y un incremento en la diferenciación floral y por consiguiente un aumento de los rendimientos (Becerril y Rodríguez, 1989). La asimilación neta de CO₂ se incrementa al adicionar nitrógeno siempre y cuando la concentración foliar de nitrógeno sea baja (Syvertsen, 1986, 1987 y Evans, 1989).

2.2.1.3. Efecto del nitrógeno en la calidad de los frutos.

El nitrógeno es el nutriente de mayor efecto sobre la calidad de la fruta. Su incremento representa un aumento en el contenido de jugo, sólidos solubles, acidez y sólidos solubles por hectárea. Pero trae consigo una disminución del tamaño del fruto, corteza gruesa y rugosa (Bleda *et al.*, 2003). Sin embargo en investigaciones llevadas a cabo en naranja por Legaz *et al.* (2000) encontró efectos inconsistentes en relación al índice de madurez, el porcentaje de sólidos solubles y de acidez.

La influencia del nitrógeno sobre la calidad de los frutos es marcada teniendo tanto un efecto directo como indirecto, dado este último por su antagonismo con varios elementos esenciales fundamentalmente con el fósforo y el potasio. Es de consenso general que la aplicación tardía de nitrógeno atrasa la maduración (Calvert, 1971; Chapman, 1968 y Embleton, 1977). En Cuba, Hernández (1980)

encontró que el exceso de nitrógeno afectó la calidad de los frutos (vitamina C, porcentaje de jugo) en la lima 'Persa' pero no así en la naranja. Tampoco Grass (1986) encontró efecto del nitrógeno sobre la calidad de los frutos en árboles jóvenes.

Du-Plessis y Koen (1988) señalaron que la relación foliar de los contenidos de nitrógeno y potasio fue determinante para la obtención de frutos grandes o pequeños. Cuando la relación N/K se mantuvo entre 1,6 y 2,2 los frutos fueron grandes y mayor la producción, pero con frutos pequeños se obtuvo una relación N/K superior a 2,8.

2.2.2. Importancia del fósforo.

El fósforo es un elemento ampliamente extendido en la naturaleza. Representa el 0,12% del peso de la corteza terrestre. Es un componente de las enzimas involucradas en el transporte de energía (ATP, DPN, TPN). Influye además en el desarrollo radicular y en los procesos de maduración y germinación de las semillas. Su importancia en fisiología vegetal consiste en actuar como elemento plástico y funcional imprescindible en la formación, crecimiento y multiplicación de las plantas (Del Rivero, 1968 y Villegas *et al.*, 1983).

La deficiencia de este macronutriente en suelos tropicales y subtropicales, es un factor que limita el crecimiento de las plantas (García *et al.*, 2006). No obstante, Jackson (2001) plantea que este nutriente no es necesario aplicarlo en grandes cantidades en plantaciones ya establecidas. Esto se debe a que luego de la última aplicación, las plantas mantienen durante un tiempo niveles suficientes del mismo.

2.2.2.1. El fósforo en el cultivo de los cítricos.

En comparación con otros macroelementos, las cantidades de fósforo absorbidas por las especies cítricas son pequeñas (Smith, 1966; Del Rivero, 1968; Del Vallín *et al.*, 1985). Hernández (1994) demostró que no es necesario aplicar este elemento al cultivo todos los años, siempre que el diagnóstico del estado nutricional sea favorable y el suelo posea reservas. Según Malavolta y Violante

(1989) cada caja de naranja de 40,8 kg consume aproximadamente 60 g de fósforo.

Del Vallín *et al.* (1985) plantean que los cítricos, durante la floración requieren de cantidades considerables de este nutriente, sobre todo cuando es abundante. El consumo total de fósforo en flores y frutos es de 40 g por árbol anualmente. Con las flores y frutos caídos se devuelve al suelo entre el 25 y 30% del total de fósforo consumido por estos órganos. Según Pérez (2004) el naranjo 'Agrio', es poco eficiente en la absorción de fósforo.

2.2.2.2. Efecto del fósforo en el rendimiento.

Según Legaz *et al.* (2000) valores foliares de fósforo inferiores al 0,09%, tienden a producir floraciones y brotaciones débiles en primavera, con tendencia a un escaso cuajado del número de frutos, que originan una baja producción. Niveles foliares crecientes incrementan de forma considerable la producción, debido al aumento del número de frutos. Sin embargo, por encima del 0,18% se produce un ligero descenso de la cosecha. Señala el mismo autor que en limones, donde la respuesta al fósforo en los cuatro primeros años fue lineal, hasta la aplicación de dosis mayores, la producción aumentó en un 15%, en el quinto año no hubo respuesta y en el sexto se observó una respuesta negativa.

2.2.2.3. Efecto del fósforo en la calidad de los frutos.

Legaz *et al.* (2000) determinaron que la influencia de concentraciones foliares crecientes de fósforo sobre el color de la piel se comportó similar a la del nitrógeno. Sin embargo, los efectos en el retraso de cambio de color y el reverdecimiento del fruto, así como el índice de color son menos acusados. En naranjo la deficiencia de este nutriente hace la piel más gruesa, esto se traduce en un mayor porcentaje de corteza y un menor contenido de zumo. Los frutos de pomelo presentan un comportamiento similar, en cambio la calidad de los frutos de limoneros no se ve influenciada por la concentración de fósforo en las hojas.

2.2.3. Importancia del potasio.

El potasio presenta un desplazamiento limitado en el suelo, aunque no tan restringido como el fósforo. Este nutriente tiene funciones claves en las plantas, tales como activación de más de 60 complejos enzimáticos, regulación osmótica y transporte de azúcares desde las hojas a los frutos. Además se caracteriza por una gran movilidad dentro de la planta y está siempre asociado a los tejidos donde se producen cambios bioquímicos que demandan energía, como las hojas y frutos jóvenes (Legaz *et al.*, 2000; Martínez, 2002 y Giner *et al.*, 2007).

De la misma forma, Giner *et al.* (2003) y Giner *et al.* (2007) plantean que dicho mineral facilita el buen reparto de las reservas entre las distintas partes de la planta. Además interviene en la regulación de la apertura y cierre de los estomas, por lo que se considera como un factor de resistencia a la sequía.

2.2.3.1. El potasio en el cultivo de los cítricos.

El potasio representa una pieza importante en los rendimientos, tamaño y calidad de los frutos cítricos. Al igual que el nitrógeno se pierde fácilmente del suelo y debe ser aplicado de forma regular (Opazo y Razeto, 2001). Usualmente se aplica en cantidades iguales al nitrógeno, excepto en suelos calcáreos donde se estima que se requiere por encima de un 25% con respecto al nitrógeno (Jackson, 2001).

Según Lasheras y Gutiérrez (1998) el potasio, conjuntamente con el ácido fosfórico, favorece el desarrollo de las raíces. Además aporta mayor consistencia a los tejidos, proporcionando mayor resistencia a las enfermedades.

Por otra parte, Del Vallín *et al.* (1985); Giménez *et al.* (1998) y Martínez (2002) consideran que los cítricos necesitan cantidades elevadas de este nutriente, siendo semejantes a las del nitrógeno. Estas cantidades elevadas de este elemento se almacenan en troncos y ramas durante el año y tienden a moverse desde las hojas y las raíces hacia los frutos en desarrollo (Dasberg, 1988).

La fertilización potásica en los cítricos tiene un marcado efecto sobre los factores de calidad del fruto, tales como tamaño, color, espesor de la corteza, acidez,

contenido de azúcares, aumento de la capacidad de conservación del fruto (Del Vallín *et al.*, 1985; Du Plesis y Koen, 1988; Giner *et al.*, 2003).

La extracción anual de potasio en el naranjo (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck) es de alrededor de 100 kg.ha⁻¹ para un rendimiento de 40 t.ha⁻¹ y la exportación de potasio por el fruto es del orden de 40 kg.ha⁻¹, lo cual implica que el fruto del naranjo contiene alrededor de un 40% del total absorbido (Opazo y Razeto, 2001).

Lasheras y Gutiérrez (1998) plantean que los portadores potásicos deben aplicarse al concluir la floración, en la caída de los frutos pequeños, después del cuaje o en el momento de la maduración. Esto se debe a que este nutriente es un elemento muy móvil dentro de la planta y se acumula en las zonas de mayor actividad. Cuando hay escasez del mismo, este se traslada a las zonas más jóvenes, por lo que su déficit se evidencia al principio en las hojas más viejas. De esta forma, cuando se aprecian las señales de deficiencia significa que su carencia es muy grave.

Los primeros síntomas de deficiencia, consisten en una disminución de la intensidad de crecimiento y del tamaño de las hojas. Los frutos son pequeños, de piel suave con alto contenido de jugo ligeramente ácido y colorean prematuramente. Se producen brotaciones débiles con hojas de menor tamaño, que caen con facilidad. En casos severos las hojas se tuercen, arrugan y embolsan. Además aparecen manchas resinosas en hojas y exudación de goma en las ramas y troncos. Si la deficiencia es aguda, los brotes pueden secarse y se incrementa la caída de frutos al final de la primavera (Borroto y Borroto, 1991; IIFT, 1999; Giner *et al.*, 2003).

2.2.3.2. Efecto del potasio en el rendimiento.

Según Giner *et al.* (2007) el potasio actúa sobre el rendimiento, activa el crecimiento, favorece la respiración y la fotosíntesis. Legaz *et al.* (2000) plantean que valores inferiores a 0,4% de este elemento tienden a producir bajos rendimientos, como consecuencia de la caída de grandes cantidades de frutos en desarrollo al final de la primavera (junio). Por otra parte, el efecto de la aplicación

de potasio en la producción de naranja depende de la disponibilidad de ese nutriente en el suelo (De Mattos *et al.*, 2005). Las plantas que se encuentran en plena producción consumen aproximadamente 200-250 g por árbol por año de potasio en riego localizado (Guerrero *et al.*, 1990).

2.2.3.3. Efecto del potasio en la calidad de los frutos.

El potasio favorece el crecimiento vegetativo, fructificación, maduración y la calidad de los frutos. Está muy relacionado con la economía del agua en los tejidos, por lo que favorece el tamaño del fruto e influye en la coloración (Borroto y Borroto, 1991 y Scholberg *et al.*, 2000).

Niveles crecientes de potasio inducen mayor talla y peso de los frutos. A concentraciones crecientes (0,4-0,7%) tienden a incrementarse el número de frutos. Por encima de 0,7% la producción aumenta de forma moderada (Legaz *et al.*, 2000). Este elemento influye además en las características cualitativas; eleva el aroma, el perfume y mejora el sabor. Aumenta la acumulación de azúcares en el fruto y disminuye la acidez, por lo que se considera un factor de calidad (Giner *et al.*, 2007).

Según De Mattos *et al.* (2005) este nutriente es el responsable de la turgencia y la extensibilidad de las células. Varios estudios demostraron que el potasio puede dar lugar a frutos mayores, con cáscara más gruesa, menor rendimiento de jugo, y contenidos de sólidos solubles, que son indispensables para la producción de jugo concentrado (Embleton *et al.*, 1973 y Du Plessis y Koen, 1988).

El nitrato de potasio puede aumentar el calibre de la fruta, y se ha demostrado que el potasio como tal, no así el nitrato, es el responsable del aumento (Erner *et al.*, 1993, 2003). Du-Plessis y Koen (1988) señalaron el efecto antagónico que sobre el potasio tiene el aumento de las tasas de aplicación de nitrógeno, lo que ocasiona una reducción del estatus foliar del potasio desde un valor alto a uno deficiente.

2.2.4. Importancia del calcio.

Mejora la estructura, permeabilidad e infiltración de agua en el suelo y ayuda a la planta a soportar el estrés por salinidad. El mismo actúa como agente cementante que une las células, y constituye de esta forma una barrera física contra el ataque de patógenos. En las plantas este elemento es importante para el crecimiento de las raíces y los brotes y aumenta la tolerancia al estrés por calor, viento y frío (Blankenau, 2007). Por otro lado, es necesaria la presencia del calcio para la acción de ciertas proteínas de membrana como las ATPasas. Asimismo la deficiencia de este elemento provoca un aumento en la tasa de respiración (Giner y Arciniega, 2006a).

Según Orihuela *et al.* (2000) elevados contenidos de calcio, insolubilizan al hierro impidiendo su asimilación por la planta. En lo concerniente a la economía hídrica, el calcio y el potasio se comportan opuestamente, pues el potasio aumenta la absorción de agua y el calcio tiende a disminuirla. Por otra parte, Bleda *et al.* (2003) plantea que el calcio tiende a acumularse en los órganos viejos, razón por la que las hojas de los agrios, con la edad, aumentan el contenido de este nutriente.

En las plantas, el contenido de este nutriente varía entre un 0,1 y 5% del peso seco dependiendo de las condiciones de crecimiento, especie y órgano. Mientras que en el caso de los frutos, para favorecer la maduración y/o ablandamiento del mismo debe descender la concentración del elemento en la pared de las células (Giner y Arciniega, 2006b).

2.2.4.1. Efecto del calcio en el cultivo de los cítricos.

El calcio es un elemento predominante en las plantaciones cítricas. El uso de piedra caliza para el control de suelos con pH bajos (ácidos) y el uso de irrigación (con contenidos de sales de calcio disueltas) usualmente suministran niveles adecuados de este elemento y por lo tanto las deficiencias son muy raras (Jackson, 2001).

Según Del Rivero (1968) este elemento en los cítricos forma parte de las hojas, frutos, tallos, troncos y raíces en proporciones importantes. Se estima que las hojas tienen un 14% del total de calcio de las plantas, el tronco y las ramas sobre un 60% y un 26% en las raíces. La cantidad extraída anualmente por los cítricos, básicamente por los conceptos de floración, brotación y fructificación, alcanzan como promedio unos 10 g por kg de fruto producido.

De Mattos *et al.* (2005) plantean que este nutriente contrarresta el efecto de una fertilización excesiva con nitrógeno, especialmente si se utiliza el sulfato amónico. Ejerce influencia favorable sobre la calidad y la coloración de los frutos así como en la maduración de los mismos. Los árboles con deficiencias presentan desecación apical de las ramas, defoliación prematura y yemas múltiples. Las hojas toman un aspecto acorazonado por reducción de la longitud del nervio principal y los frutos pueden aparecer deformados. Asimismo Rincón *et al.* (2008) plantean que altas concentraciones de este elemento interfieren en la absorción de potasio.

2.2.5. Importancia del magnesio.

El magnesio es el octavo mineral más abundante en la corteza terrestre y se origina de la descomposición de rocas de contenido de minerales primarios como dolomitas y silicatos con magnesio (Wiend, 2007). Constituye uno de los seis macroelementos indispensables para el desarrollo de las plantas. Se encuentra en las plantas bajo tres formas: combinado orgánicamente en el protoplasma, formando parte de la clorofila y disuelto en el jugo celular (Del Rivero, 1968). Sin embargo, según ESTAR^R (2005) la proporción de magnesio ligado a la clorofila es un 15% del total absorbido, es relativamente pequeña y depende de su disponibilidad.

El magnesio es muy importante en la mayoría de los procesos bioquímicos de la planta. Es un constituyente fundamental de la clorofila y su carencia provoca una disminución de la actividad fotosintética y un amarillamiento de las hojas. Participa además en la formación y acumulación de reservas de azúcares e hidratos de

carbono, proteínas, vitaminas, etc. Uno de los síntomas más característicos de la deficiencia de magnesio es la clorosis internerval en las hojas que se manifiestan inicialmente en las más viejas (Giner y Arciniega, 2006a).

Según Jackson (2001) este nutriente es importante en el crecimiento y desarrollo de las plantas. De existir deficiencias de este elemento en las mismas, en suelos ácidos, puede corregirse con dolomita, siempre que sea necesario controlar el pH; o por inclusión del magnesio en la mezcla de fertilizante. Debido al antagonismo que existe entre este macroelemento y el calcio, en suelos con alto contenido de este último es necesario el empleo de nitrato de magnesio pulverizado, para así suplir las deficiencias.

El magnesio en la solución del suelo es generalmente movilizado a las raíces por flujo de masas. Los altos niveles de potasio pueden deprimir la asimilación de magnesio. Esto se debe a una absorción preferencial de este elemento por las plantas; lo cual afecta negativamente su contenido. Las aplicaciones de magnesio deben estar equilibradas con el suministro de potasio; para lo cual se ha definido ideal una relación K/Mg de 4:1 (ESTAR, 2005).

2.2.5.1. Efecto del magnesio en el cultivo de los cítricos.

En los cítricos la mitad del magnesio se encuentra en troncos y ramas; un tercio en las raíces y el resto en las hojas. Por la asociación de elevados contenidos en magnesio y fósforo en algunos tejidos, se sostiene que facilita la asimilación del fósforo. Además este cultivo tiene requerimientos de magnesio intermedios, cercanos a 0,8 kg por tonelada de fruto. Para obtener rendimientos de 50 toneladas, se requiere aplicar 40 kg de magnesio por hectárea (ESTAR, 2005).

El portainjerto Cleopatra y los trifoliados son eficaces en la absorción de este elemento (Ferguson *et al.*, 1990 y Alva y Tucker, 1999). Se ha confirmado en tangor 'Murcott' la relación estrecha entre la disminución de la producción y altos niveles foliares de potasio. Esto puede estar relacionado con la menor absorción de calcio y magnesio, cuyos contenidos foliares fueron reducidos por los altos niveles de potasio foliar presentes (De Mattos *et al.*, 2005).

2.3. Métodos para conocer el estado nutricional y la necesidad de fertilizantes.

Los métodos que se utilizan para este fin pueden agruparse en biológicos, microbiológicos y químicos. En el cultivo de los cítricos el más desarrollado y ampliamente utilizado es el químico a través de los análisis foliares y de suelo; en segundo lugar los biológicos, fundamentalmente a través de la sintomatología visual para algunos elementos de síntomas característicos así como en los análisis de calidad de los frutos (Del Castillo, 1988).

2.3.1. Análisis foliar.

El uso generalizado en los cítricos del análisis foliar viene dado por su utilidad para diagnosticar el estado nutricional y elaborar la recomendación de los fertilizantes a emplear (Embleton y Jones, 1963; Hernández, 1980 y Koen, 1984). Los contenidos foliares para una región determinada deben ser calibrados en experimentos de campo de larga duración (Hernández, 1988).

Para diagnosticar el estado nutricional de los cítricos se utilizan métodos como: análisis de suelo, foliar, bioquímico y evaluación visual de los síntomas de deficiencias (Borroto y Borroto, 1991). El análisis foliar es un diagnóstico bien establecido utilizado de manera regular para identificar deficiencias o excesos de nutrientes, ajustar los programas de fertilización y producir fruta de mejor calidad (Gallasch y Pfeiler, 1988 y Hernández, 1994).

El análisis foliar como técnica de diagnóstico, se fundamenta en la premisa de que el comportamiento de las plantas está relacionado con la magnitud de la concentración de los elementos esenciales en el tejido foliar (Malavota, 1979; Monteverde, 2005 y De Mattos *et al.*, 2005).

Desde los años 40, se realizaron diversos estudios para obtener los estándares regionalizados, "O" Tuzco *et al.* (1986) en Turquía, Genú *et al.* (1986) en Brasil, Quintero y Amezquita (1986) en Venezuela, Hernández (1986) en Cuba, Malavolta y Violante (1989) en Brasil y el MINAGRI-UNECIT (1990) en Cuba. Esto hace considerar que en la actualidad todos los países productores de cítricos empleen

los análisis foliares para evaluar el estado nutricional basándose en sus propios valores estándares.

A nivel agronómico sería de gran utilidad disponer de referencias foliares adaptadas a las variedades de mayor importancia comercial en la actualidad, que sean válidas a lo largo de todo el ciclo de cultivo, especialmente durante algunas fases críticas (floración, cuajado, engorde) donde el conocimiento de alteraciones nutricionales pueden ser de gran importancia para la corrección de desviaciones productivas (Domínguez *et al.*, 2007).

2.3.2. Análisis de suelo.

El análisis de suelo como técnica de diagnóstico, se fundamenta en cuantificar la cantidad total, o forma disponible o de reserva de un elemento dado en el suelo simulando la extracción de la planta mediante una reacción química. Para usar un determinado método de análisis debe ser probado si existe correlación entre la cantidad de elementos que extrae y la respuesta de la planta ante la fertilización, siendo necesario calibrarlo por medio de experimentos en el campo de modo que el suelo en cuestión pueda ser catalogado de bajo, medio ó alto en el contenido del elemento (Fundora *et al.*, 1980).

No obstante, varios investigadores consideran que el análisis de suelo posee ciertas limitantes por lo que no puede ser usado como instrumento único para resolver los problemas carenciales (Chapman, 1961 y Kumme, 1982). Entre los factores que limitan su uso se encuentran:

- Brinda solamente un valor momentáneo de las relaciones entre elementos y no una dinámica de éstos, ni su influencia sobre el suministro de nutrientes en el transcurso del ciclo del cultivo.
- No refleja la influencia del subsuelo, clima, particularidades de las plantas y otros procesos biológicos del suelo.
- El análisis de suelo no refleja cuantitativamente la necesidad de fertilizantes a emplear en cuanto al cálculo de la cantidad necesaria.

- Generalmente no existe una relación directa entre los contenidos de los elementos en el suelo y el rendimiento de los cultivos.

No obstante, esta problemática general de los análisis de suelo, las determinaciones empíricas de fósforo ó potasio disponibles que intentan extraer una cantidad que se relacione con la respuesta de las plantas a la fertilización (niveles críticos ó índices de abastecimiento), cuando se usan y se interpretan correctamente para cada relación suelo cultivo, se puede llegar a discriminar con bastante seguridad los suelos que probablemente responden y los que probablemente no responden, a la aplicación de fertilizantes.

El procedimiento matemático propuesto por Cate y Nelson en 1971 para la determinación de los niveles críticos, ha sido utilizado con éxito por varios investigadores en diferentes cultivos según Fundora *et al.* (1980) para el potasio y Villegas *et al.* (1983) para el fósforo. Estos autores recomendaron además ampliar a diferentes cultivos las investigaciones que permitieran obtener los llamados índices de abastecimiento o niveles críticos (utilizando el método de Oniani). La determinación de los índices de abastecimiento para el cultivo de los cítricos (acorde con los tipos de suelos y variedades comerciales) no se ha determinado cabalmente aunque sí existen algunas referencias de varios investigadores tanto para el fósforo como el potasio asimilable.

Es de consenso general entre los investigadores que dada las múltiples y rápidas variaciones a las que está sometido el nitrógeno en el suelo, los análisis químicos de éste no brindan suficiente seguridad para ser empleados con fines de diagnóstico al menos en el cultivo de los cítricos y en su lugar se recomienda solamente el análisis foliar. Existe además una tendencia generalizada en los cítricos de combinar los resultados de los análisis foliares y los de suelo para diagnosticar y recomendar los fertilizantes a emplear (Hernández, 1986).

Según Du-Plessis (1977) la inclusión del análisis del suelo (pH, fósforo y potasio) con el análisis de la hoja es de suma importancia para lograr un diagnóstico correcto del estado nutricional para un determinado campo. En igual sentido, pero

con un horizonte más amplio, Hernández (1988) consideró que el diagnóstico del estado nutricional de los cítricos y la consiguiente recomendación de los fertilizantes a emplear, es una labor compleja. Esta requiere tener en cuenta varios factores para obtener resultados satisfactorios, teniendo en cuenta que ninguno de los métodos empleados en la evaluación del estado nutricional, brindan por sí solos todos los elementos necesarios, por lo que se requiere de la utilización combinada de ellos (análisis foliar, de suelo, calidad de los frutos, síntomas foliares, entre otros).

2.3.3. Sintomatología visual.

La sintomatología visual, como técnica de diagnóstico, se basa en los cambios que sobre la morfología o anatomía de los órganos, así como en la presencia de coloraciones diferentes a las normales poseen las plantas cuando están bien nutridas. Para auxiliar en la determinación de los síntomas foliares en los cítricos, varios investigadores han elaborado diferentes claves. Entre otras tenemos las de Chapman en 1952, Tanaka en 1960 y Jones y Smith en 1964 recopiladas por Del Rivero (1968). Señalándosele como ventajas el ser rápida y económica pues no necesita análisis de laboratorio.

Independientemente de lo económico de esta técnica es poco usada debido a que en ocasiones los síntomas o alteraciones pueden quedar enmascarados por el efecto de otro síntoma semejante como los de cinc y manganeso, factores climáticos, ataques de plagas o enfermedades, déficit de agua entre otros, que pueden producir confusiones (Herrera *et al.*, 1986). En tal sentido, García (1988) consideró que la utilización del diagnóstico visual para determinar las deficiencias de cinc y manganeso en los naranjos es posible sólo como metodología primaria de evaluación pero debe ser conjugada en algunos casos con otro método que posea mayor precisión.

2.3.4. Análisis de calidad de los frutos.

Uno de los factores de mayor importancia en la comercialización de la naranja es su calidad, la cual está determinada por varias características físicas y químicas

del fruto. Estas son tamaño, coloración, firmeza, acidez y sólidos solubles (Silva *et al.*, 2006).

Los análisis de calidad de los frutos en cítricos pueden dar una buena orientación en algunos casos sobre el estado nutricional de las plantas basado en la premisa de que las deficiencias de nutrientes, tanto macro como microelementos, pueden afectar la calidad de los frutos (Reuther y Smith en 1952, citado por Del Rivero, 1968; Embleton y Labanauskas, 1982 y Malavolta *et al.*, 1987). Según Hernández (1988) los análisis de calidad además de ayudar a interpretar el estado nutricional de los cítricos pueden indicar que características del fruto deben mejorarse por medio de la fertilización.

3. MATERIALES Y MÉTODOS.

3.1. Localización de los experimentos y material vegetal.

El trabajo se desarrolló en la Empresa Agroindustrial 'Victoria de Girón', localizada entre los 22°30' - 22°50' de latitud norte y los 81°35' - 81°51' de longitud oeste a una altitud de 13-25 msnm, en el municipio Jagüey Grande, provincia de Matanzas, en la región occidental de Cuba. El clima de la localidad se caracteriza según Aranguren (2009) por una temperatura media mensual de 14,4°C en el mes más frío y de 33,4°C en el mes más cálido, con el período lluvioso entre mayo y octubre, con precipitación media anual de 1494 mm, humedad relativa promedio superior al 80 % y 7,6 horas diarias de sol (Aranguren, 2009).

Se utilizaron plantaciones de las Unidad Empresarial de Base #1, correspondientes al lote T-13, cuadrante dos, bandas A. Árboles en producción de naranja 'Valencia' [*Citrus sinensis* (L.) Osbeck] de 17 años, injertados sobre el patrón Citrange 'Troyer' y plantados a distancia de 7m x 3m, en suelos profundos sobre roca caliza, que se clasifican como Ferralítico Rojo (Hernández *et al.*, 1999) y catalogados como Ferralsol Rhodic y Nitisol Rhodic en correlación con el "World Reference Base" (Hernández *et al.*, 2004).

3.2. Manejo agronómico general de las plantaciones.

Plantaciones con un manejo agronómico según esquema tecnológico de la Empresa Agroindustrial "Victoria de Girón", con sistema de riego localizado (goteros RAM auto compensados de 3,5 L por hora, espaciados a 0,75 m) para una entrega al año de entre 60,3 y 83,4 L por planta por día. Durante el período se realizaron podas de mantenimiento, control de arvenses y tratamientos fitosanitarios para el manejo de plagas y enfermedades según las señalizaciones que en su momento emitió la Estación Territorial de Protección de Plantas.

3.3. Diseño del experimento.

Atendiendo al deterioro presentado en las plantaciones producto de la presencia de la enfermedad HLB y teniendo en cuenta que el problema fundamental detectado estaba relacionado con el amarillamiento generalizado de las

plantaciones, se diseña un ensayo de parcelas independientes que consta de seis tratamientos (Tabla 1), cada uno a su vez con cinco réplicas de siete plantas, para un total de 35 por tratamiento.

Los tratamientos ensayados fueron, el testigo (I) y cinco programas de fertilización denominados (II, III, IV, V, VI). Cada programa estaba integrado por diferentes dosis de N P K, que variaron progresivamente.

Tabla 1. Dosis por tratamientos.

DOSIS	I	II	III	IV	V	VI
N (g/plta)	0	184	276	368	460	522
P (g/plta)	0	92	138	184	230	261
K (g/plta)	0	184	276	368	460	522

El programa IV en este experimento se correspondía con las dosis de N P K recomendadas en la literatura internacional. Las dosis por año de los programas III y II fueron respectivamente el 25 y el 50% menos de las dosis de IV, mientras que las dosis de los programas V y VI fueron el 25 y el 50% más.

Las fechas de las aplicaciones fueron febrero-marzo, abril-mayo, junio-julio y septiembre-octubre, se realizaron de forma manual en las que se utilizaron los siguientes portadores: Fórmula completa 9-13-17, Sulfato de Amonio, Super Fosfato Triple y Nitrato de Potasio.

3.4. Efecto de las aplicaciones edáficas de fertilizantes en el estado nutricional de las plantas.

3.4.1. Interpretación de los análisis de suelo.

Para realizar el análisis de suelo se tomaron muestras en el áreas de goteo de las plantas evaluables, a profundidades de 0-40 cm, las mismas se secaron a temperatura ambiente y fueron enviadas al Laboratorio Provincial de Suelo y Fertilizantes, para su análisis según metodología (2001). Se determinó el pH en KCl, el potasio, calcio y magnesio. Para la interpretación de los resultados se

utilizaron las recomendaciones del Instructivo Técnico Para el Cultivo y Beneficio de los Cítricos de MINAGRI-UNECIT (1990).

3.4.2. Interpretación de los análisis foliares.

El muestreo de los análisis foliares se realizó en el mes de septiembre. De cada tratamiento se tomaron 80 hojas de ramas fructíferas, cuatro por cada planta representando los cuatro puntos cardinales. Procesadas en el laboratorio de manejo de las plantaciones de la UCTB y posteriormente enviadas al Laboratorio Provincial de Suelos y Fertilizantes.

El análisis fue realizado por el método de digestión húmeda con ácido sulfúrico de Bataglia *et al.* (1993). Se determinaron los niveles foliares de nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio, Para la interpretación de los resultados de los análisis foliares (Anexo 1) se utilizaron las recomendaciones establecidas por MINAGRI-UNECIT (1990).

3.5. Resultado de las aplicaciones foliares en la producción y calidad.

3.5.1. Influencia de los programas de fertilización en indicadores de la producción.

Para evaluar la producción se cosechó en la segunda década de noviembre, la misma se realizó de forma individual en las plantas de cada tratamiento y se tomó el peso total y el número de frutos.

Los datos obtenidos se procesaron mediante análisis de varianza de clasificación simple y se establecieron las diferencias entre los tratamientos mediante la prueba de rangos múltiples de Duncan para un nivel de significación del 5%.

3.5.2. Efecto de los programas de fertilización en la calidad de los frutos.

Para evaluar la calidad de los frutos en el momento de la cosecha se realizó un muestro al azar de 15 frutos por replica, para un total de 75 por tratamiento, los que se analizaron en el laboratorio de la Unidad de Beneficio de la Empresa Agroindustrial "Victoria de Girón". Se determinaron las variables físicas de calidad: masa de los frutos (g), diámetro y altura del fruto (mm) y las variables de calidad

interna: contenido de jugo (%), sólidos solubles totales (°Brix), acidez titulable (%) e índice de madurez (SST/acidez), según los métodos de ensayo (NC 77-11:1981; NC-ISO IDT 2173:2001; NC-ISO IDT 750:2001).

3.6. Análisis y programa estadístico empleado.

Los datos obtenidos se procesaron mediante análisis de varianza de clasificación simple y se establecieron las diferencias entre los tratamientos mediante la prueba de rangos múltiples de Duncan para un nivel de significación del 5%. Se empleó el paquete estadístico STATISTIC, Versión 6.0.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Efecto de las aplicaciones foliares de fertilizantes en el estado nutricional de las plantas.

4.1.1. Interpretación de los análisis de suelo.

Los resultados del análisis químico del suelo (Tabla 2) muestran que los valores de pH se encuentran en el rango de ligeramente ácido a neutro en algunos casos según Martín (2000), lo que permite suponer que algunos elementos presenten baja disponibilidad para las plantas. No obstante se considera adecuado para el cultivo de los cítricos que se desarrollan bien en pH entre 5,5 a 8,0 (De Mattos *et al.*, 2005), sin embargo señalan ATCITRUS (2014) y Giles (2016) que el rango óptimo para los cítricos se encuentra entre 5,5 y 6,5.

Tabla 2: Resultados de los análisis de suelo.

Tratamientos	pH	P ₂ O ₅	K ₂ O	MO
		mg/100 g		%
I	6,7	6,18	10,30	2,81
II	6,5	7,70	9,03	2,49
III	6,8	5,53	10,56	2,59
IV	7,1	6,85	11,89	2,19
V	6,8	3,29	11,87	2,65
VI	6,9	4,71	13,34	2,51

El incremento de este valor atendiendo a los valores históricamente encontrados en los suelos de estas áreas puede estar dado por diferentes factores entre ellos: la producción intensiva del cultivo de los cítricos en la región por más de cinco décadas con la aplicación de grandes volúmenes de fertilizantes además de tecnologías con tendencias a un manejo del control de arvenses a suelo desnudo. Asimismo el origen de los suelos en esta zona formados sobre cavernas de roca caliza que forman sumideros y bajo la presencia de fuertes lluvias ocurre la

pérdida de la capa arable del suelo por estos orificios y el afloramiento de la roca madre que bajo la acción de los factores ambientales incorpora al suelo elementos como el calcio.

Resultados similares se han encontrado en los suelos Ferralíticos Rojos de la provincia de Artemisa, que se consideran muy productivos, en los que se ha visto como problema fundamental el aumento del pH. Esta situación puede afectar la mayoría de los cultivos, atendiendo a que a ese pH, dificulta la asimilación de los nutrientes (Hernández *et al.*, 2013 y Canepa *et al.*, 2015).

Uno de los elementos más influyentes en la absorción de los nutrientes es el pH de la disolución del suelo, ejerce gran influencia en la velocidad y tendencia de los procesos químicos y biológicos; en la asimilación de sustancias nutritivas por las plantas, actividad de los microorganismos, mineralización de las sustancias, disolución de compuestos en otros procesos físico-químicos que dependen de la reacción del suelo (De Mattos *et al.*, 2005; Martins *et al.*, 2011).

El pH del suelo afecta la disponibilidad de nutrientes vegetales que incluyen al fósforo (P), el calcio (Ca), el magnesio (Mg) y los micronutrientes. Una excepción de este principio es el caso de suelos calcáreos, debido a un sustrato natural de roca carbonatada que domina su química. El pH de un suelo calcáreo permanece relativamente constante alrededor de 8,2 (Obresa *et al.*, 2008).

Los valores encontrados de fósforo y potasio muestran simultáneamente una ligera suficiencia en el suelo. No obstante en los tratamientos cinco y seis los valores reflejan niveles bajos de fósforo. En este sentido se puede considerar la posible formación de fosfatos insolubles en suelos formados sobre caliza como es el caso de esta región, lo que está ampliamente comprobado por Obreza *et al.* (1998), Paramasivam *et al.* (2001) y Forteza *et al.* (2017).

En cuanto a los valores de potasio podemos señalar que los suelos de la región son deficientes de potasio (Rodríguez, 1996), corroborado además por los resultados de los análisis de suelo realizados durante varios años en las áreas de la empresa (Forteza *et al.*, 2017).

Sin embargo los contenidos de potasio en el suelo mostraron una apreciable suficiencia, pero manteniéndose en la generalidad de los tratamientos dentro del rango de satisfactorio, lo que puede estar dado por la fertilización realizada, atendiendo a que se observó una correspondencia entre la dosis aplicada y los tenores en el suelo.

Algunos autores señalan relación antagónica entre el potasio y el calcio por lo que en suelos calizos se deben utilizar cantidades considerables de fertilizantes potásicos (Blankenau, 2007).

En este sentido, es posible que el alto contenido calizo del suelo haya favorecido la inmovilización del potasio y dificultado su absorción por las raíces (Del Amor *et al.*, 1984).

Los señalamientos anteriores confirman la posibilidad de que las variaciones en el comportamiento de un elemento no sólo están asociadas a la influencia de factores externos a la planta, sino también están vinculados con la proporción de otros elementos dentro del vegetal que causan sinergismos o antagonismos entre ellos (Jhon *et al.*, 2017).

4.1.2. Interpretación de los análisis foliares.

Al analizar las muestras foliares tomadas en cada tratamiento para evaluar el contenido de nutrientes en hojas se obtuvo los siguientes resultados (Tabla 3). Se pudo observar que existió correspondencia entre las dosis de nitrógeno aplicadas y el nivel foliar alcanzado. El valor más bajo lo mostró el testigo con 1,89%, mientras que el más alto fue el tratamiento cinco con 2,67 según rangos establecidos por el Instructivo Técnico para el Cultivo y Beneficio de los Cítricos (MINAGRI-UNECIT, 1990).

En este sentido en estudios realizados en Brasil en naranjas encontraron que después de un 2,8% de N foliar la respuesta a la fertilización nitrogenada es prácticamente nula (Quaggio *et al.*, 2015).

Tabla 3. Resultados de los análisis foliares.

Tratamientos	N	P	K	Ca	Mg
	% MS				
	>2,20	>0,12	>1,0	>3,0	>0,30
I	1,89	0,13	0,68	4,48	0,55
II	2,05	0,13	0,71	4,52	0,62
III	2,36	0,16	1,06	4,37	0,62
IV	2,6	0,13	1,12	4,21	0,50
V	2,67	0,16	0,68	4,69	0,57
VI	2,54	0,15	0,69	3,85	0,59

En este sentido Hammami *et al.* (2009) en ensayos realizados en condiciones de campo con árboles de mandarina 'Cleopatra' injertados sobre naranjo amargo, encuentran una respuesta lineal entre la tasa de N aplicada y el contenido de N en hoja. Sin embargo, se ha observado que en cítricos, la mayor eficiencia en la fertilización nitrogenada se observa bajo condiciones de déficit de nitrógeno (Lea-Cox y Syvertsen, 1996 y Scholberg *et al.*, 2002).

La importancia de mantener los niveles de fertilidad en media a alta, garantiza menor disminución de la productividad y menores costos, así como menor riesgo de pérdida. Es necesario saber que para el manejo nutricional no existe una receta, se debe conocer la demanda nutricional del cultivo, la disponibilidad de nutrientes en el suelo y eficiencias de fertilizantes (Quaggio *et al.*, 2015).

En cuanto al fósforo se comprobó que el nivel de este elemento es satisfactorio en todos los tratamientos, dado que los valores deben encontrarse entre 0,13-0,17%. Asimismo se observó cierta correspondencia en relación con los tenores foliares de este elemento y las dosis aplicadas. De este modo se debe señalar que los tratamientos cinco y seis que recibieron la dosis más elevada de este elemento,

230 y 261 g por planta respectivamente y mostraron suficiencia en los niveles foliares.

Los valores mínimos de fósforo foliar según Legaz *et al.* (2000) tienden a producir brotaciones y floraciones débiles en primavera, con tendencia a un escaso cuajado del número de frutos que originan una baja producción. Niveles foliares crecientes incrementan de forma considerable la producción, debido al aumento del número de frutos. Sin embargo, por encima del 0,18% se produce un ligero descenso de la cosecha.

Los niveles de fósforo se encontraron por encima de 0,09% y por debajo de 0,18%, lo que permite inferir que este elemento pudo haber influido en los rendimientos, pero no ser determinante.

El nitrógeno tiene un fuerte efecto sobre el fósforo, el fósforo foliar con frecuencia depende más del nitrógeno foliar que del suministro y la disponibilidad del fósforo. Es virtualmente imposible tener un alto contenido de ambos elementos en la misma hoja (Erner *et al.*, 2000). Estos resultados no muestran correspondencia con los obtenidos atendiendo a los niveles satisfactorios de fósforo presentes en todos los tratamientos. La suficiencia foliar del nitrógeno pudo estar dada por la utilización del sulfato de amonio, con un aporte de 21% el que provoca un efecto residual ácido al tomarse por la planta los iones amonio y quedar disponible el ión sulfato que incrementa la acidez.

En este sentido Erner *et al.* (2000) plantearon que los iones amonio derivados de los fertilizantes amoniacales pueden reducir el pH del suelo debido al proceso de nitrificación y la absorción de amonio por el árbol, lo que favorece la absorción de otros nutrientes. Consideramos que este proceso pudo ocurrir atendiendo al origen calcáreo de los suelos en la empresa de cítricos de Jagüey Grande.

El potasio en cambio se encontró en niveles de bajo generalmente, si tenemos en cuenta que los tenores satisfactorios para este elemento deben ser superiores a 1%. Los resultados observados se corresponden con lo planteado por Erner *et al.* (2000), quienes al analizar la interacción entre el nitrógeno y el potasio,

observaron que los factores que conducen a un alto nivel de nitrógeno, tienden a disminuir la concentración foliar de potasio sobre todo cuando la fuente es amoniacal.

En este sentido Du-Plessis y Koen (1988) señalaron el efecto antagónico que sobre el potasio tiene el aumento de las tasas de aplicación de nitrógeno, lo que ocasiona una reducción del estatus foliar del potasio desde un valor alto a uno deficiente.

En los tratamientos en que se aplicó nitrato de potasio en dosis más elevadas que se corresponden con el cinco y el seis, no se encontró respuesta en los niveles foliares. Estos resultados no se corresponden con los obtenidos por Erner *et al.* (2000), quienes encontraron un aumento del contenido foliar de nitrógeno y potasio con el empleo de este fertilizante.

No obstante se pudo apreciar una correspondencia entre el vigor y estado general de las plantas y las dosis intermedias aplicadas y los niveles foliares de este elemento cuando se encontró en rango satisfactorio (figura 1).

Por otra parte Rincón *et al.* (2008) plantean que altas concentraciones de calcio interfieren en la absorción de potasio, lo que pudo haber ocurrido en las condiciones edáficas en las que se desarrolló el ensayo.



Figura 1. Plantas del tratamiento cuatro.

En todos los tratamientos se apreció niveles satisfactorios de calcio y magnesio que se corresponden con la alta disponibilidad que históricamente han mostrado estos suelo de ambos elementos, y además pueden estar relacionados con el alto contenido de sales de estos elementos en el agua de riego (Jhon *et al.*, 2017). En este sentido Mojena (2008) observó valores promedios en Jagüey Grande de 4,2 mq.L^{-1} de Ca^{++} y 0,9 mq.L^{-1} de Mg^{++} considerados como altos, por lo que se hace necesario el empleo de ácido para neutralizar el agua.

El uso de aguas de riego con alto contenido de sales de calcio y magnesio en cultivos perennes como los cítricos usualmente suministran niveles adecuados de este elemento y por lo tanto las deficiencias son muy raras (Jackson, 2001).

Según Ferguson *et al.* (1990); Alva y Tucker, (1999) y Chabbal *et al.* (2015) los trifoliados son eficaces en la absorción del magnesio, correspondiéndose estos resultados con los obtenidos, atendiendo a que el patrón utilizado en las plantaciones en estudio es un trifoliado.

4.2. Resultado de las aplicaciones foliares en la producción y calidad.

4.2.1. Influencia de las aplicaciones foliares en indicadores de la producción.

Al analizar en los diferentes tratamientos el efecto de las dosis aplicadas en la producción, el número de frutos por planta y los rendimientos estimados por hectárea (tabla 4), se observó que la mayor producción se alcanzó en el tratamiento cuatro con 35,3 kg por plantas, con diferencias significativas con el resto de los tratamientos. Mientras que el valor más bajo 14,5 kg por planta se obtuvo en el tratamiento uno (testigo).

Al analizar los resultados de la estimación de los rendimientos se pudo observar en el tratamiento cuatro el volumen más elevado, que se corresponden con la dosis intermedia de nitrógeno aplicada.

Tabla 4. Evaluación de la producción en la cosecha.

Tratamientos	Producción (kg/planta)	Rendimiento por hectárea (t)
I	14,5 e	6,0 d
II	23,9 d	10,0 c
III	27,1 b	11,3 b
IV	35,3 a	14,7 a
V	25,0 c	10,4 c
VI	24,2 d	10,1 c
ES	1,42*	0,63*
CV (%)	24,11	26,16

Lo que permite suponer que un manejo de la fertilización con una adecuada relación de estos elementos influyen en el cuajado de los frutos según las observaciones de varios autores, quienes plantean que las plantas de cítricos con carencias nutricionales brotan poco y con un aspecto poco vigoroso, con reducción del crecimiento de la planta y poca producción (Quaggio y Pizza, 2001).

No obstante Gómez (2010) encontró que el óptimo del abonado nitrogenado se encuentra en torno a 500 g de N por árbol al año, cifra a partir de la cual no es razonable esperar respuestas positivas en la producción. La dosis aplicada en esta investigación fue de 368 g de N por árbol al año explica la respuesta productiva obtenida alrededor de las 14 t.ha⁻¹ en el tratamiento cuatro, que es superior al testigo (6 t.ha⁻¹), pero es baja de acuerdo a los rendimientos medios internacionales que superan las treinta toneladas por ha (Orduz y Mateus, 2012).

4.2.2. Efecto de las aplicaciones foliares en la calidad de los frutos.

Los resultados de los análisis de calidad de los frutos realizados en la segunda década de diciembre (tabla 5), mostraron que todos los tratamientos presentaban los índices mínimos considerados como adecuados para la cosecha de las naranjas con destino al mercado de frutos frescos, según las normas cubanas establecidas (NC-77-97, 1993; NC 223, 2002).

En cuanto a la masa de los frutos los valores oscilaron entre 117 g (el testigo) y 154,2 g correspondiendo este último al tratamiento cuatro, sin diferencias estadísticamente significativas con el cinco con 147,6 g pero si con el resto de los tratamientos. Estos resultados se corresponden con la aplicación de las dosis intermedias de NPK, con el que se obtuvo un incremento de 37 gramos con respecto al testigo.

Tabla 5. Análisis de calidad de frutos de los diferentes tratamientos.

Tratamientos	Masa (g)	Diámetro (mm)	Altura (mm)	Jugo (%)	Brix	Acidez (%)	I.M
I	117,2c	59,0	62,8	45,1 c	7,6 ab	0,8 a	9,9b
II	119,2 c	59,2	62,4	44,3 c	8,3 a	0,7b	11,4 ab
III	122,0 c	59,1	63,2	47,1bc	8,5 a	0,8 a	10,5 b
IV	154,2 a	63,9	67,0	51,2 a	8,4 a	0,7 b	12,9 a
V	147,6 ab	62,6	64,7	50,6 a	7,7 ab	0,8 a	9,8 b
VI	130,3bc	63,9	64,4	48,0 ab	7,1 b	0,7 ab	9,5 b
ES	3,71*	0,80 ^{ns}	0,63 ^{ns}	0,67*	0,13*	0,01*	0,32*
CV (%)	11,94	5,56	4,19	6,0	7,46	9,56	12,88

Resulta de gran importancia que las aplicaciones de NPK en dosis que suplan al cultivo y garanticen incrementos de la masa y el tamaño de los frutos pues estas variables se ven afectadas por el HLB que causa una alta incidencia de frutos pequeños (Bassanezi *et al.*, 2009).

En cuanto al diámetro de los frutos, que junto a la altura son los parámetros físicos que definen su tamaño y forma (Luis *et al.*, 2017), se pudo comprobar que las dosis aplicadas no ejercieron influencia en estas variables.

Se ha observado que en los últimos años las tasas de aprovechamiento para la comercialización de frutos frescos de naranjo 'Valencia' en función de su tamaño se han visto afectadas con niveles de pérdidas entre 43,8-20,3% durante la campaña de cosecha de noviembre a marzo según resultados de Aranguren (2009).

En cuanto al contenido de jugo los frutos se observó que en los tratamientos cuatro y cinco se alcanzó altos porcentajes superior al 50%, que según Gómez (2010) se consideran aceptables para naranjas, destacándose con mayor porcentaje el tratamiento cuatro coincidiendo con los frutos de mayor masa, y sin

diferencias con el cinco y el seis pero si con el resto de los tratamientos. Lo que permite suponer que el empleo de dosis intermedias de NPK induce un incremento del contenido de jugo y este a su vez influye en el aumento de la masa del fruto.

Gómez (2010) encontró que los árboles sobre citrange 'Carrizo' presentaron mayor contenido de jugo respecto a aquellos sobre mandarina 'Cleopatra' ha sido observado con anterioridad por García-Sánchez *et al.* (2003) y Romero *et al.* (2006) en ensayos sobre pomelo 'Star Ruby' y mandarina 'Clemenules' respectivamente. En este caso el patrón utilizado fue 'Carrizo' lo que pudo además haber influido en los adecuados porcentajes de jugo en los tratamientos cuatro y cinco.

Al analizar el Brix se observó que las diferencias encontradas ratifican las observaciones de que las altas dosis de nitrógeno inducen un retardo en la maduración (Embleton, 1977), atendiendo a que los tratamientos con las dosis más bajas es donde el Brix supera el mínimo de ocho establecido para la cosecha y comercialización de los frutos frescos.

La acidez de los frutos en todas las variantes resultó inferior al 1,0% y superior al 0,5% que es el rango establecido como criterio de calidad para la cosecha, sin embargo, los tratamientos uno, tres y cinco mostraron una acidez estadísticamente superior con respecto al resto de las variantes. Lo que puede ser una limitante para el inicio más temprano de la cosecha en el mes de noviembre.

El índice de madurez para la comercialización de frutos frescos debe ser mayor a ocho y en todas las variantes se supera este indicador y se destacan los tratamientos dos, tres y cuatro como los que inducen una madurez más avanzada en los frutos, mientras que los tratamientos uno, cinco y seis mostraron la madurez más atrasada.

Es de consenso general que una aplicación tardía de nitrógeno atrasa la maduración (Chapman, 1968; Calvert, 1971 y Embleton, 1977). En este sentido se puede comentar que el tratamiento seis donde se aplicó la dosis más alta de

nitrógeno contribuyó al atraso de la maduración, lo que corrobora las observaciones antes citadas.

La fertilización nitrogenada juega un papel importante no solo en la producción de los cítricos, sino también en su calidad. Así, aunque en Japón llegan a recomendarse hasta 800 kg de N por hectárea por año para obtener la máxima producción de mandarina Satsuma, no es frecuente sobrepasar los 300 kg por hectárea y año si se desea obtener frutos de buena calidad (Iwakiri y Nakahara, 1981).

Cuando se aumenta la aplicación de N disminuye el peso de los frutos como consecuencia del aumento de la producción y el número de frutos (Primo-Millo *et al.*, 2000). He *et al.* (2003) obtuvieron una relación cuadrática entre la fertilización nitrogenada y el peso de los frutos de pomelo Marsh, con un máximo para 100kg de N por hectárea por año.

El espesor de corteza aumenta con las aplicaciones de nitrógeno, adquiriendo el fruto un aspecto más rugoso (Primo-Millo *et al.*, 2000). Embleton *et al.* (1973) establecieron que el espesor de la piel aumenta hasta que se alcanzan niveles foliares de nitrógeno del 2,6 %. A partir del mismo, el incremento en el espesor de la piel es muy reducido. El contenido en jugo disminuye con el abonado nitrogenado incrementándose, por el contrario, la proporción de pulpa (Primo-Millo *et al.*, 2000).

La acidez aumenta con el nitrógeno, y lo mismo ocurre con los sólidos solubles, sin embargo la relación entre los sólidos solubles y la acidez disminuye, consecuencia del mayor incremento relativo de la acidez con el nitrógeno (He *et al.*, 2003). Estos autores encontraron una relación lineal con pendiente negativa entre el índice de madurez y el nitrógeno aplicado, si bien el coeficiente de correlación no fue muy alto: $r = -0,7$. Por todo lo anterior, parece claro que el abonado nitrogenado en exceso, hace disminuir la calidad interna y externa de los frutos.

5. CONCLUSIONES.

1. Las aplicaciones edáficas de N P K con dosis de 368 g de N, 184 g de P_2O_4 y 368 g de K_2O incrementaron los niveles foliares de estos elementos.
2. La mayor producción y los frutos de mayor masa, porcentaje de sólidos e índice de madurez se alcanzaron en el tratamiento cuatro.
3. La dosis más alta de nitrógeno de 522 g por planta retrasó la maduración.
4. La fertilización edáfica en árboles de naranjo 'Valencia' en proporción 1-0.5-1 (368-184-368) resultó adecuada para incrementar la producción y calidad de los frutos.

6. RECOMENDACIONES.

1. Generalizar los resultados obtenidos en áreas de naranjo 'Valencia', en la empresa Agroindustrial Victoria de Girón.
2. Extender estos estudios a otras combinaciones cultivar-patrones.

7. BIBLIOGRAFÍA.

1. Agustí, M. 2000. Crecimiento y maduración del fruto, En: Fundamentos de Fisiología Vegetal, Ediciones Universidad de Barcelona, McGraw-Hill Interamericana. p. 419-431.
2. Alva, A. and Tucker, D. 1999. Soil and nutrition. In: Citrus Health Management. The American Phytopathological Society Press, St Paul. MN. p. 59-71.
3. Cánepa, Y.; Trémols, A. J.; González, A. y Hernández, A. 2015. Situación actual de los suelos tabacaleros de la empresa “Lázaro Peña” de la provincia Artemisa. Cultivos Tropicales. 4(34): 20-26.
4. Paramasivam, S.; Alva, A. K.; Fares, A. and Sajwan, K. S. 2001. Estimation of nitrate leaching in an Entisol under optimum citrus production. Soil Sci. Soc. Am. 65:914-921.
5. Aranguren, M. 2009. Pronósticos de madurez y otras especificaciones de calidad para el ordenamiento de la cosecha en los cítricos de Jagüey Grande. La Habana. Tesis presentada en opción al título Doctor en Ciencias Agrícolas. Instituto de Investigaciones en Fruticultura Tropical. Ministerio de la Agricultura.
6. Aranguren, M.; Puente, A.; Forteza, L. y García, E. M. 2004. Niveles foliares de nitrógeno y potasio en Naranja Valencia: su relación con los rendimientos y el tamaño de los frutos. En: XIV Congreso Científico del INCA. La Habana. (CD).
7. Arthur, V. and Eduard, S. 1983. Fast action nitrogen on push early bloom. Citrus Industry. 64(6): 41-46.
8. ATCITRUS (Asociación Tucumana del Citrus). 2014. Lo básico: Manual técnico del limón [en línea]. Disponible en: <http://www.atcitrus.com.ar>. [Consulta: octubre, 4 2017].
9. Bassanezi, R, B; Montesino, L, H, and Sanches, E. 2009. Effects of Huanglongbing on fruit quality of sweet orange cultivars in Brazil, Eur J Plant Pathol. 125:565–572.

10. Bataglia, O. C.; Furlani, A. M.; Teixeira, J. P.; Furlani, P. R. y Gallo, J. R. 1993. Métodos de análise química de plantas. Campinas: Instituto Agrônômico. Boletim Técnico. 78: 48.
11. Becerril, R. A. y Rodríguez, J. A. 1989. Producción forzada en frutales de clima templado, En: Memorias, Simposio Producción Forzada en Frutales. Centro de Fruticultura. Colegio de Postgraduados. Chapingo. México. p. 3-6.
12. Blankenau, K. 2007. Cálcio nos solos e nas plantas. Informações Agrônômicas. IPNI. 117: 17-19.
13. Bleda, F.; Madrid, R. y Porras, I. 2003. Estados nutricionales en variedades precoces de limonero: Fino 49 y Eureka frost. Levante Agrícola. 367: 301-307.
14. Boaretto, A. E. 2004. E móvel ou imóvel o boro em laranjeiras. Laranja. Brasil. 25: 195-208.
15. Boaretto, A. E. 2002. Foliar micronutrient application effects on citrus fruit yield, soil and leaves concentrations and ⁶⁵Zn mobilizations within the plant. Acta Horticultural. 594: 203-209.
16. Boaretto, A. E.; Muraoka, T. e Boaretto, R. M. 2003. Absorção e traslocasao de micronutrientes, aplicados via foliar, pelos citrus. Laranja. Brasil. 24: 177-197.
17. Borroto, N. C. y Borroto, A. 1991. Citricultura Tropical. En: Nutrición. Tomo 1, La Habana, Cuba. p. 181-218.
18. Calvert, V. D. 1971. Effects or rate and frequency of fertilizer application on growth yield and quality factors of young Valencia orange trees. Citrus Industry. 52(1): 9-12.
19. Camargo, O. A. 1991. Reações e interações de micronutrientes no solo. In: Ferreira, M, E, y M, C, Cruz, (ed), Micronutrientes na agricultura. Piracicaba: Patafos/CNPQ. p. 233-272.
20. ChabbaL, M.; Giménez, L.; Garavello, M.; Alayón, P.; Rodríguez, V. y Mazza, S. 2015. Caracterización de naranjo 'Valencia late' sobre diferentes portainjertos en "Entre Ríos". Argentina. Cultivos Tropicales. 36(4):94-99.

21. Chapman, H. D. 1968. The mineral Nutrition of citrus. Citrus Industry. (ed) W. Reuther. University Calif. 2: 87-201.
22. Chapman, H. D. 1961. Citrus leaf analysis. Agriculture. California. 3(11): 10-14.
23. Chen, J. G.; Cheng, S. H.; Cao, W. and Zhou, X. 1998. Involvement of endogenous plant hormone in the effect of mixed nitrogen source on growth and tillering of wheat. *Informações Agronômicas*. 81:87-97.
24. Cueto J. R.; Sosa, G.; Rodríguez, K. y Riaño, R. 2015. Propuesta de estructura de especies y cultivares para el período 2015-2020 en la citricultura cubana. *CitriFrut*. 32(1): 56-63.
25. Cuñat, P. y Salas, J. 1983. Consumo y distribución del N, P y K en el naranjo durante el ciclo vegetativo anual. *Agrop. y Tecnol. de los Alimentos*. 23(3): 351-359.
26. Dasberg, S. 1988. Nitrogen and potassium requirements of citrus. *Proceeding of the Sixth International Citrus Congress Middle-East*. 2: 625-632.
27. Dasberg, S. 1987. Nitrogen fertilization in citrus orchards. *Plant and Soil*. 2:1-9.
28. De Mattos, D.; Quaggio, J. A. e Cantarella, H. 2005. Nitrogênio e potássio afetam a produção e a qualidade de laranjas. *Informações Agronômicas*. 110: 1-2.
29. Del Amor, F. 2001. Fertirrigación óptima en cítricos [en línea]. Disponible en: <http://par.cebascsic.es/publi/160500.html>. [Consulta: noviembre, 21 2017].
30. Del Amor, F.; León, A. y Torrecillas, A. 1984. Guía práctica para el riego y la fertilización de cítricos. *Obra Social Agrícola*. Servicio de Publicaciones de la Caja Rural Central. Sociedad Cooperativa de Crédito Limitada de Orihuela. 101 p.
31. Del Castillo, A. 1988. La nutrición de los cítricos. Conferencia de Agroquímica Superior versión 1,1. Estación de suelos de Camagüey. Cuba. p. 31.

32. Del Rivero, J. M. 1968. Los estados de carencia en los agrios. Ed. Mundi Prensa 2^{da} edición. Madrid. p. 121-125.
33. Del Vallín, G.; Padrón, E. y Telleria, T. 1985. NPK en la fertilización de los cítricos (Primera Parte). Boletín de Reseñas. Suelo y Agroquímica. Ministerio de la Agricultura. Ciudad de la Habana. Cuba p. 11-12.
34. Demolon, A. 1967. Nitrógeno. En: Crecimiento de los vegetales cultivados. Editorial Rev. La Habana. Cuba. p. 199-248.
35. Devlin, R. M. 1979. El metabolismo del nitrógeno. En: Fisiología Vegetal. Editorial Pueblo y Educación. C. Habana. p. 295-321.
36. Domínguez, A.; Martínez, E.; Trigo, A.; Alonso, D.; García, R.; Sánchez, R.; Ghorbel, R. y Tomás, J. 2007. Dinámica foliar de elementos minerales en la variedad de mandarina "Clemenules". Levante Agrícola. 389: 388- 392.
37. Dorado, D.; Grajales, L. y Ríos, L. 2015. Efecto del riego y fertilización sobre el rendimiento y la calidad de la fruta de lima ácida Tahití *Citrus latifolia* Tanaka (Rutaceae). Corpoica Ciencia y Tecnología Agropecuaria. 16(1) 87-93.
38. Du Plessis, S. F. and Koen, T. J. 1988. The effect of N and K fertilization on yield and fruit size of Valencia. Proceeding of the Sixth International Citrus Congress Middle-East. 2: 663-672.
39. Du-Plessis, S. F. 1977. Soil analysis as a necessary complement to leaf analysis for fertiliser advisory purposes. Proc. Int. Soc. Citriculture. I: 15-19.
40. Embleton, T. W. and Jones, W. 1963. Leaf analysis. Fertilizer program for orange. California. Citrograph. 48(10): 39-351.
41. Embleton, T. W. and Labanauskas, C. K. 1982. Plant analysis as a basic for the mineral fertilization of citrus orchards. Proc. XXI stint. Hort. Congr. Frc. p. 369-384.
42. Embleton, T. W.; Reitz, H. J. and Jones, W. 1973. Citrus fertilization. In: Reuther, W. (ed). The Citrus Industry. Riverside: University of California. 3: 112-182.

43. Embleton, T. W.; Wallihan, E. F. and Gooldall, G. E. 1965. Effectiveness of soil vs. foliar applied zinc and of applied manganese on California lemons. Proceedings American Society for Horticultural Science. 86: 253-259.
44. Embleton, T. W. and Jones, W. 1977. Impact of research on California Citrus fertilization. Proc. Int. Soc. Citriculture. I: 1-5.
45. Forteza, L.; Puente, A.; Aranguren, M.; Sosa, Y.; Pino, M. y Díaz, Y. 2017. Cambios de pH y nutrientes del suelo asociados al cultivo intensivo de los cítricos en Jagüey Grande. En: V Simposio Internacional de Fruticultura Tropical y Subtropical. La Habana. (CD).
46. Enedi, A.; Schiavinato, P.; Muraok, T.; Wagner, M. y Ochezue, P. 1999. Fertilización foliar de nitrógeno en naranja en estados de formación [en línea]. Disponible en: <http://www.scielo44444.php.htm>. [Consulta: marzo, 18 2017].
47. Erner, Y.; Cohen, A. y Magen, H. 2000. Fertilizando para altos rendimientos cítricos. Instituto internacional de la Potasa. Boletín. 4: 17-37.
48. Erner, Y.; Kaplan, Y.; Artzi, B. and Hamou, M. 1993. Increasing citrus fruit size using auxins and potassium. Acta Hort. p. 112-119.
49. Erner, Y.; Tagari, E.; Hemou, M.; Artzi, B. and Kaplan, Y. 2003. Analysis and comparison between different chemicals to increase fruit size in citrus. At Hadar. p. 32-38.
50. ESTAR. 2005. Kieserita. Un Producto de la Naturaleza. K + S Kali GMBH. Kassel. Alemania. p. 112.
51. Evans, J. R. 1989. Photosynthesis and nitrogen relationships in leaves of C3 plants. Ecology. 74: 9-19.
52. Fava, M. y Fonseca, F. 2005. Estratégias para a Laranja no Brasil. Atlas. S.A./Pres. São Paulo. p. 60-69.
53. Ferguson, L.; Sakavich, N. and Roose, M. 1990. California citrus rootstocks. Publication 21477. University of California. Davis. C. A. p. 18.
54. Forteza, L. A. 2010. Manejo de la fertilización foliar en plantaciones de naranjo 'Valencia' (*Citrus sinensis* L., Osb.). La Habana. Tesis en opción al

- título de Master en Fruticultura. Instituto de Investigaciones en Fruticultura Tropical.
55. Fundora, O.; Arbola, N. y Machado, J. 1980. Agroquímica. Pueblo y Educación. La Habana. p. 16.
 56. Gallash, P. T. and Pfeiler, G. R. 1988. Developing a unique leaf analysis service, including a computer model. Proceeding of the Sixth International Citrus Congress Middle-East. 2: 689-697.
 57. García, A. 1988. La acción del cinc y el manganeso en el naranjo Valencia. Santa Clara. Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Agrícolas. UCLV.
 58. Garcia, A.; Nuviola, A.; Mosquera, M. y Chong, D. 2006. Transferencia neta de iones fosfatos en suelo: determinación mediante cinética de intercambio isotópico. En: XIV Congreso Científico del INCA. La Habana. (CD).
 59. Garcia, J. y Sánchez, M. C. 2006. Las técnicas de cultivo en los frutales y su influencia en el contenido de azúcar y la firmeza del fruto. Agrícola Vergel. 292: 178-184.
 60. García, R. y García, J. M. 2002. Desarrollo de una composición acidificante con la capacidad de aportar nitrógeno amoniacal estable en la solución de suelo: acción del complejo LC N. Levante Agrícola. 359: 41-45.
 61. García-Sánchez, F.; Carvajal, M.; Cerdá, A. y Martínez, V. 2003. Response of 'Star Ruby' grapefruit on two rootstocks to NaCl salinity. Journal of Horticultural Science and Biotechnology. 78(6): 859-865.
 62. Genú, J. C.; Moreira, C. S.; Haag, H. P. y Salibe, A. A. 1986. Tenores de macro elementos en hojas de porta-injertos cítricos (*Citrus* sp) de pie franco y en hojas de tangerinas ponkan (*Citrus reticulata* Blanco) injertadas sobre los mismos porta-injertos en dos épocas. Memorias Simp. Int. Citricultura Tropical. La Habana. (CD).
 63. Giles, F. 2016. Lo que sabemos ahora sobre nutrición de cítricos [en línea]. Disponible en: <http://www.growingproduce.com>. [Consulta: abril, 15 2017].

64. Giménez, M.; Martínez, J.; Martínez, J. J.; Oltra, M. A.; Berná, L. M. y Alarcón, A. L. 1998. Utilización del nitrato potásico y el sulfato potásico ácido en el riego por goteo. *Agrícola Vergel*. 196: 195-199.
65. Giner, G. J. y Arciniega, F. L. 2006a. La fertilización de elementos secundarios y microelementos en los frutales II. *Agrícola Vergel*. 291: 115.
66. Giner, G. J. y Arciniega, F. L. 2006b. El calcio y el boro en la nutrición mineral de las plantas. *Agrícola Vergel*. 295: 348-354.
67. Giner, G. J.; Jiménez, M.; Oltra, M. A.; Martínez, J.; Arciniega, F. L. y Ruiz, D. 2003. Estudio de la aplicación foliar de potasio en los cítricos. *Levante Agrícola*. 365: 140-148.
68. Giner, J. F.; Giménez, M.; Garcia, S.; Niñerola, J.; Oltra, M. A.; Fernández, M.; Arciniega, L.; Martín, C. y Alcañiz, J. V. 2007. Corrección de carencias de Zn y Mn vía radicular en cítricos mediante Fertirrigación. XI Congreso SECH. Albacete Actas de Horticultura 2007. nº 48. Sociedad Española de Ciencias Hortícolas. ISBN: 978-84-690-5619-6: 608-611.
69. Gómez, A. 2010. Respuesta del naranjo 'Lane late' a la salinidad y a la fertilización nitrogenada. Murcia. Tesis en opción al grado de Doctor en Ciencias Agrícolas. Universidad Miguel Hernández.
70. Grass, G. 1986. Nutrición y crecimiento del patrón naranjo agrio (*Citrus aurantium* L.) y de árboles jóvenes de naranja Valencia (*Citrus sinensis* L., Osbeck) en suelos Ferralíticos Rojos. La Habana. Tesis en opción al grado de Doctor en Ciencias Agrícolas. INCA.
71. Guerrero, R. R.; Jiménez, V. J. y Rojo, S. J. 1990. Fertirrigación en cítricos. *Levante Agrícola*. 299:126-132.
72. Hammami, A.; Ben, M. y Hellali, R. 2009. A new nitrogen and potassium fertilization management program for Clementine mandarin under mediterranean climate. The Proceedings of the International Plant Nutrition. Colloquium XVI. Department of Plant Sciences. UC Davis.
73. He, Z. L.; Calvert, D. V.; Alva, A. K.; Banks, D. J. y Li, Y. C. 2003. Thresholds of leaf nitrogen for optimum production and quality in grapefruit.

- Soil Science Society of American Journal. 67: 583-588. American Journal. 67: 583-588.
74. Hernández, A.; Cabrera, A.; Borges, Y.; Vargas, D.; Morales, M. y Ascanio, M. 2013. Degradación de los suelos Ferralíticos Rojos Lixiviados y sus indicadores de la Llanura Roja de La Habana. *Cultivos Tropicales*. 34(3):45-51.
75. Hernández, A.; Ascanio, M.; Cabrera, A.; Morales, M. y Medina, N. 2004. Correlación de la nueva versión de clasificación genética de los suelos de Cuba con World Reference Base. Conferencia en Postgrado de Clasificación de suelo. p. 14.
76. Hernández, B. J. 1986. Factores a considerar al utilizar el análisis foliar en la recomendación de fertilizantes nitrogenados, fosfóricos y potásicos. *Memorias Simp, Int. Citricultura Tropical*. 5(2): 267-274.
77. Hernández, B. J. 1988. Diagnóstico del estado nutricional y recomendación de fertilizantes en los cítricos en producción. Curso de adiestramiento INCA. p. 8.
78. Hernández, B. J. 1986. Factores a considerar al utilizar el análisis foliar en la recomendación de fertilizantes nitrogenados, fosfóricos y potásicos. *Memorias Simp. Int. Citricultura Tropical*. II: 267-274.
79. Hernández, B. J. 1980. Fraccionamiento y época de aplicación de nutrientes, Informe de Tema O7. INCA, MES. La Habana. p. 125-133.
80. Hernández, B. J.; Rodríguez, A.; Guerra, G.; Castellanos, M.; Del Vallín, G.; Del Castillo, A. y Monteros, J. E. 1983. Fertilización de los cítricos. Ponencia para la Primera Reunión Nac. de Agroquímica. A.C.C. p. 27.
81. Hernández, J. 1994. Fertilización de los cítricos en producción. *Cultivos Tropicales*. 15 (1): 23-25.
82. Herrera, J. A.; Socorro, M. A. y Cuesta, A. 1986. Métodos de trabajo agroquímico. Pueblo y Educación. La Habana. p. 209.
83. Houdosse, F.; Urdaniz, A.; Zamorreño, A. M.; Cantera, R. y García-Mina, J. M. 2001. Efecto comparativo de diferentes formas de nitrógeno ureico, amoniacal y nítrico sobre el desarrollo y nutrición de las plantas de trigo

- cultivadas en medio hidropónico. VI Reunión Nacional del metabolismo del nitrógeno. Pamplona. p. 21-23.
84. IIFT (Instituto de Investigaciones en Fruticultura). 1999. Principios básicos de la citricultura tropical, Ministerio de la Agricultura. La Habana. p. 47-48.
85. Iwakiri, T. and Nakahara, M. 1981. Nitrogen fertilization programs in Satsuma mandarin groves in Japan. Proceedings of the International Society of Citriculture. 9(1): 6-13.
86. Jackson, L. 2001. Citrus Nutrition Highlights. Citrus Industry. 82(1):14-15.
87. Jhon, C. M.; Vantour, A.; Tamayo, A. y Sanchez, H. 2017. Estado de la fertilidad y degradación de los suelos Ferralíticos Rojos de la granja agrícola Los Pinos. En: V Simposio Internacional de Fruticultura Tropical y Subtropical. La Habana. (CD).
88. Koen, T. J. 1984. Interpretación de los análisis foliares y de suelo. Citrus. 6: 14-21.
89. Kumme, K. F. 1982. La fertilización de los cítricos en el ejemplo de España. BASF. Reportes Agrícolas. 4: 3-7.
90. Labanauskas, C. K.; Jones, W. W. and Embleton, T. W. 1964. Effects of foliar application of manganese, zinc and urea on yield and fruit quality of Valencia oranges and nutrient concentrations in the leaves, peel and juice. Proc. Am. Soc. Hortic. 82: 143-153.
91. Lasheras, F. y Gutiérrez, V. 1998. Características agronómicas del sulfato potásico cristalino ácido para fertirrigación. Agrícola Vergel. 196: 200-202.
92. Lea-Cox, J. D. and Syvertsen, J. P. 1996. How nitrogen supply affects growth and nitrogen uptake, use efficiency, and loss from citrus seedlings. Journal of the American Society for Horticultural Science. 121: 105-114.
93. Legaz, F.; Bañuls, J. y Primo-Millo, E. 2000. Influencia del abonado en la calidad del fruto. Levante Agrícola. 350: 12-18.
94. Legaz, F.; Primo-Millo, E.; Primo-Yufera, E.; Gil, C. and Rubio, J. L. 1982. Nitrogen fertilization in citrus, I. Absorption and distribution of nitrogen in calamondin trees during flowering fruit and initial development periods. Plant and Soil. 66: 339-351.

95. Leonard, C. D. 1969. A comparison of soil and spray applications of four manganese sources for control of manganese deficiency in Valencia orange trees. Proceeding of Florida State Horticultural Society. Tallahassee. 80: 12-20.
96. Luis, M.; Paredes, C.; Peña, I.; Batista, L.; Hernández, L.; López, D.; Zamora V. y Collazo, C. 2017. *Candidatus Liberibacter asiaticus*: once años de diagnóstico molecular en Cuba. En: V Simposio Internacional de Fruticultura Tropical y Subtropical. La Habana. (CD).
97. Machado, J. R.; Salvador, P. G.; Francoand, C. A. and Zilton, J. 2013. Multivariate DRIS standards for the assessment of the nutritional status of the Pera. *Ciência Agronômica*. 44(2): 251-259.
98. Malavolta, E. 1979. Nutrição mineral, calagem, gessagem e adubação dos citros. *Laranja*. 9: 1-48.
99. Malavolta, E. e Violante, A. 1989. Nutrição mineral, calagem, gessagem e adubacao dos citros. *Associacao Brasileira para Pesquis da Potassa e do Fosfato*. Piracicaba. São Paulo. p. 31.
100. Malavolta, E.; Silva, A. Q.; Silva, H.; César, M. J.; Teófilo, J. e Pompeu, J. 1987. Acumulação de matéria seca e de micronutrientes nos frutos de cinco variedades do citros durante o seu crescimento. *Laranja*. 8(2): 508.
101. Maragoni, B. 2000. La fertirrigazion ene lle alturear boree do fruto. In: *The fertigación business*. (ed) Ferrara. p. 27.
102. Marschner, H. 1985. *Mineral nutrition of higher plants*. 2nd ed. San Diego. Academic press. 889 p.
103. Martín, N. 2000. Clave para la interpretación de propiedades químicas y físicas de los suelos. Universidad Agraria de La Habana "Fructuoso Rodríguez". p. 12.
104. Martínez, J. 2002. Características agronómicas del sulfato cristalino ácido para Fertirrigación. *Agrícola Vergel*. 251: 612-615.
105. Martins, P.; Vieira, C.; Fidalski, J. e Pavan, M. 2011. Calagem e desenvolvimento radicular, nutrição e produção de laranja 'Valência' sobre

- porta-enxertos e sistemas de preparo do solo. Pesquisa Agropecuária Brasileira 46(3): 254-261.
106. Medina, N. 2006. Enfoques actuales en la formación de postgrado para las especialidades de fertilidad del suelo nutrición de las plantas y biofertilización. En: XIV Congreso Científico del INCA. La Habana. (CD).
107. Melgar, R. 2005. Aplicación foliar de micronutrientes [en línea]. Disponible en: <http://www.fertilizando.com>. [Consulta: abril, 20 2017].
108. MINAGRI-UNECIT (Ministerio de la Agricultura-Unión de Empresas de Cítricos). 1990. Instructivo técnico para el cultivo y beneficio de los cítricos. CIDA. La Habana. p. 31-56.
109. Mojena, M. 2009. Principios de nutrición vegetal aplicados al cultivo de los frutales. Conferencia Especializada. Taller de nutrición y Riego de los Cítricos. 109 p.
110. Montaña, C.; Bañuls, J.; Quiñones, A.; Gornot, B.; Primo-Millo, E. y Legaz, F. 2000. Effect of irrigation and nitrogen management on soil moisture, stem water potential, yield and fruit quality in citrus orchards. In: 10th Congress International Society of Citriculture. Agadir. Morocco. (CD).
111. Monteverde, E. 2005. Fertilización de los cítricos [en línea]. Disponible en: <http://www.elmaisanco.com.ve> [Consulta: julio 18 2017].
112. Moreno, M. M. y García, J. L. 1975. Estudio de las necesidades nutritivas del naranjo, Evolución del contenido de NPK en los diversos órganos de Valencia a lo largo de un año. Agrop. y Tec. de Alimentos. 15(2): 289-300.
113. NC 223. Frutas Cítricas. Especificaciones. Vig. 2002.
114. NC 77-11. Métodos de Ensayo, Frutos y Vegetales Naturales. Vig. 1981.
115. NC 77-97. Frutas y Vegetales Naturales, Frutas Cítricas, Especificaciones. Vig. 1993.
116. NC-ISO 2173. Productos de Frutas y Vegetales, Determinación del contenido de sólidos solubles. Código refractométrico. (ISO 2173:1978. IDT). Vig. 2001.
117. NC-ISO 750. Productos de Frutas y Vegetales. Determinación de la acidez valorable. (ISO 750:1998. IDT). Vig. 2001.

118. Otuzcu, M.; Kaplankiran M.; Ozsan, M.; OGezerel, A. and Hizal, Y. 1986. Etat nutritionnel des vergers d'Agrumes dans région méditerranéenne, Turquie Fruit. 41: 49-54.
119. Obreza, T. A.; Ashok, A. K. and Calvert, D. V. 1998. Citrus fertilizer management on calcareous soils. Document CH086. University of Florida. Gainesville. p. 9.
120. Obreza, T. A.; Morgan, K, T.; Gene, A. L. y Boman, B. J. 2011. Recommended Fertilizer Rates and Timing. En: Thomas A Obreza and Morgan, K. T. (Eds,). Nutrition of Florida Citrus Trees, 2nd Edition, UF-IFAS. Cap. 8. p. 48-59.
121. Opazo, J. D. y Razeto, B. 2001. Efecto de diferentes fertilizantes potásicos en el contenido foliar de nutrientes, producción y calidad de fruta en naranjo cv, valencia. Agricultura Técnica. 61(4): 27-36.
122. Orduz, J. y Mateus, D. 2012. Generalidades de los cítricos y recomendaciones agronómicas para su cultivo en Colombia [en línea]. Disponible en:<http://hdl.handle.net/10567/561>. [Consulta: diciembre, 11 2017].
123. Orihuela, D. L.; Marijual, L.; Hernández, J. C.; Escobar, J. F. y Esteban, C. 2000. Mejoras edafológicas en los parámetros hierro, manganeso y zinc en suelos calizos por la aplicación de sulfato metálica en plantaciones de melocotones. Agrícola Vergel. 225: 582-589.
124. Pérez, O. 2004. Concentración nutrimental en hojas, rendimiento, eficiencia de producción, calidad de jugo e índices nutrimentales de naranjo valencia injertado en portainjertos de cítricos. Agrociencia. 38: 141-154.
125. Primo-Millo, E. y Legaz, F. 1983. Fertilización N-P-K en agrios. Levante Agrícola. Valencia. 245:26-31.
126. Primo-Millo, E.; Legaz, F. y Talón, M. 2000, Repercusión de la concentración de nitrato y la salinidad del agua de riego sobre la calidad del fruto de los cítricos. Levante Agrícola. 1er trimestre. 18-26.
127. Pustika, A. B.; Subandiyah, S.; Holford, P.; Beattie, G. A.; Iwanami, T. and Masooka, Y. 2008. Interaction between plant nutrition and symptom

- expression in Mandarin trees infected with the disease huanglongbing. Australian Plant Pathology Society. 3(1):112-115.
128. Quaggio, J. A. e Piza, C. T. 2001. Micronutrientes para frutíferas tropicais, In: Ferreira. M. E. (ed) Micronutrientes tóxicos e metais pesados na agricultura, Jaboticabal. CNPq Fapes / Potafos. p. 459-491.
129. Quaggio, J. A.; De Mattos, D. e Cantarella, H. 2005. Manejo da fertilidade do solo sob citrus. Capítulo 17 In: De Mattos, D. Citrus. p. 1-25.
130. Quaggio, J. A.; Tank, A. E. y Cantarella, H. 2015. Nutrición de cítricos de alto rendimiento en suelos ácidos [en línea]. Disponible <http://www.intagrisc.br>. [Consulta: abril, 22 2017].
131. Quintero, D.; Amézquita, E. y Méndez, R. 1986. Absorción de nutrientes copa naranja California (Washington Navel). En: Simp. Int. Citricultura Tropical. La Habana. (CD).
132. Quiñones, A.; Bañuls, J.; Primo-Millo, E. y Legaz, F. 2003. Fertilización nítrica en cítricos II. Dinámica en el suelo del nitrógeno procedente del fertilizante. Levante Agrícola. 365: 124-130.
133. Quiñones, A.; Bañuls, J.; Primo-Millo, E. y Legaz, F. 2004. Fertilización nítrica en cítricos III. Dinámica en el sistema planta-suelo del nitrógeno procedente del fertilizante. Levante Agrícola. 369: 8-17.
134. Quiñones, A.; Martínez, B.; Primo-Millo, E. y Legaz, F. 2007. Fertilización de los cítricos en riego a goteo (I): N P y K. Levante Agrícola. 389: 380-385.
135. Razi, M.; Khan, I. and Jaskanl, M. 2011. Citrus plant nutritional profile in relation to Huanglongbing prevalence in Pakistan. Pak. J. Agri. Sci. 48(4):299-304.
136. Rincón, L.; Pérez, A.; Abadía, A.; Pellicer, C.; Sáez, J. y Paredes, A. 2008. Aplicación en fertirrigación de distintas cantidades de N en un cultivo de pimiento grueso de invernadero, Respuesta productiva y balance de nutrientes, XI Jornadas del grupo de Horticultura de la SECH. p. 25.
137. Roche, S.; Grass, G. y Hernández, J. 1979. Estudio de los requerimientos nutrimentales de los cítricos jóvenes, 2 da Parte: Características Morfológicas. Ciencia y Técnica en la Agric. Serie Cítricos. 2(3): 63-80.

138. Rodríguez, A. 1996. Comportamiento de los contenidos de potasio en suelos de la ECVG de Jagüey Grande. Ponencia Presentada en el XII Forum de Ciencia y Técnica. Estación Experimental de Cítricos de Jagüey Grande "Félix Duque Guelmes". IICT. Cuba. 12 p.
139. Rodríguez, A. 1983. Fertilización nitrogenada sobre el limonero Frost Eureka en los primeros años de plantadas. Primera parte. IV Seminario Científico del INCA. La Habana. (CD).
140. Romero, P.; Navarro, J. M.; Pérez-Pérez, J.; García-Sánchez, F.; Gómez-Gómez, A.; Porras, I.; Martínez, V. y Botía, P. 2006. Deficit irrigation and rootstock and the water relations, vegetative development, yield, fruit quality and mineral nutrition of *Clemenules mandarin*. *Tree Physiology*. 26:1537-1548.
141. Scholberg, J. M.; Parsons, L. R. and Wheaton, T. 2000. Citrus nitrogen nutrition: Some production considerations for more efficient nitrogen use. *Citrus industry*. 81(2):18-20.
142. Scholberg, J. M.; Parsons, L. R.; Wheaton, T. A.; Mc Neal. B. L. y Morgan, T. 2002. Soil temperature, nitrogen concentration, and residence time affect nitrogen uptake efficiency in citrus. *Journal of Environmental Quality*. 31: 759-768.
143. Silva, H. J.; Rivera, F. J.; Carreón, A.; Salazar, O y Talón. M. 2006. Efecto del paclobutrazol sobre el crecimiento y la calidad del fruto de la Naranja "Valencia" (*Citrus sinensis* Osbeck). *Levante Agrícola*. 380: 173-178.
144. Smith, P. F. and Reuther, W. 1953. Mineral concentration of orange in relation of fruit ages some fertilization practices. *Proc. Flo. St. Hort. Soc*, 66: 80-85.
145. Smith, P. F. 1966. Citrus nutrition. *Temperate to tropical fruits nutrition*, Horticultura. New Jersey. p. 174-207.
146. Smith, P. F. 1969. Leaf analysis of citrus Charp, 8 In Childers. N.F. *Temperature of tropical fruit nutrition*. 2^{da} Edición. Hort Publications Rutger Univ. New Brunswick. New Jersey. p. 208-228.

147. Syvertsen, J. P. 1986. CO₂ assimilation and water use efficiency of young expanding citrus leaves. *Acta Hort.* 171: 229-236.
148. Syvertsen, J. P. 1987. Nitrogen content and CO₂ assimilation characteristics of citrus leaves. *Hort. Science.* 22: 289-291.
149. Vexkull, M. 1968. Nuevos conocimientos sobre la fertilización de los cítricos. *Actualidades Científicas Agronómicas.* 16: 16-17.
150. Villegas, R.; Gómez, U.; Matos, A. y López, M. 2007. El fósforo en la agricultura. Ponencia 1er. Reunión Nac. de Agroquímica. p. 70.
151. Wiend, T. 2007. Magnésio nos solos e nas plantas. *Informações Agronômicas.* 117: 19-21.
152. Willis, L. E. and Davies, F. S. 1990. Fertilization, leaching and growth of young Hamlin orange trees on two rootstocks. *Proc. State Hort. Soc.* 103: 30-37.
153. Yagodin, B.; Smirnov, A. P. y Peterburgski, A. 1982. *Agroquímica.* Mir. Moscú. p. 416.

8. ANEXOS

Anexo 1: Interpretación de los análisis foliares

Elemento	Deficiente	Bajo	Satisfactorio	Alto
	% de materia seca en hojas			
Nitrógeno	0,6-1,90	1,90-2,10	2,2-2,7	2,8-3
Fósforo	<0,07	0,07-0,11	0,12-0,18	0,19-0,20
Potasio	0,15-0,30	0,40-0,90	1,00-1,70	1,80-1,90
Calcio	<2,0	2,2-2,9	3,0-6,0	6,1-6,9
Magnesio	0,05-0,15	0,16-0,20	0,30-0,60	0,7-1,0
En ppm de la materia seca de la hoja				
Boro	<15	15,0-40,0	50,0-200	200-250
Cobre	<4,0	4,1-5,0	5,1-15	15-20
Hierro	<40	40,0-60,0	80,0-150	>150
Manganeso	5,0-20,0	21,0-24,0	25,0-100	100-250
Cinc	4,0-15,0	15,0-24,0	25,0-100	100-200

Según Instructivo Técnico para el Cultivo y Beneficio de los Cítricos.